

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



Analýza dřevěných rámových konstrukcí/Analysis of wooden
frame structures

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Mikeš Ph.D.

Vypracoval: Robert Spálenský

Datum odevzdání: 28.5.2018

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací a s uvedením veškerých použitých zdrojů a softwarů.

Robert Spálenský

DATUM

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Karlu Mikešovi Ph.D. za odborné vedení, dohled, pomoc a cenné rady při zpracování této bakalářské práce, a také všem, kteří mě během tvorby podporovali.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Spálenský Jméno: Robert Osobní číslo: 438520
Zadávající katedra: K134-Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Pozemní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Analýza rámových dřevěných konstrukcí
Název bakalářské práce anglicky: Analysis of wooden frame structures

Pokyny pro vypracování:

Proveďte statickou analýzu rámové dřevěné konstrukce s cílem přiblížit a popsat chování těchto konstrukcí pro běžné zatěžovací stavy a jejich kombinace s uvážením všech důležitých vlivů. Na základě zadání proveďte návrh a posouzení vybrané konstrukce podle současných návrhových postupů a norem. Návrh bude doplněn konstrukčními výkresy reprezentujícími navrženou konstrukci a technickou zprávou.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Eurocode – Basis of Structural Design: EN 1990; Snow Loads EN 1991-1-3; Wind Loads EN 1991-1-4
- [2] Eurocode EN 1995 –1–1 Design of timber structures, Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings
- [3] Porteous J., Kermani A.: Structural Timber Design to Eurocode 5

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Karel Mikeš Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 19.2.2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.2.2018
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

19.2.2018

Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Anotace:

Bakalářská práce se zabývá tématem dřevěných rámových konstrukcí. Práce je z hlediska obsahu rozdělena na dvě části. První část je část praktická, jedná se o statický návrh nosné dřevěné rámové konstrukce víceúčelové sportovní haly dle platných norem ČSN EN. V této části jsou navrženy hlavní nosné prvky a vybrané spoje. Výstupem je statický výpočet a přílohy v podobě základních konstrukčních výkresů a detailů navržených spojů včetně kotvení. Řešena nebyla dispozice ani návrh základových konstrukcí. Ve druhé části bakalářské práce je rozpracována analýza rámového rohu se svorníky (kolíky) s ohledem na tuhost rámového rohu, která významně ovlivní průběhy vnitřních sil a efektivní návrh rámu a rámového rohu.

Klíčová slova:

Víceúčelová sportovní hala. Lepené lamelové dřevo. Rostlé dřevo. Dvojklobový rám. Rámový roh. Tuhost rámového rohu. Statický výpočet.

Annotation:

This thesis focuses on wooden frame constructions. The thesis is divided into practical and theoretical part. The practical part deals with design of a multi-purpose sports hall according to Czech standards CSN EN. In this part are design the main supporting elements and their connections. As the result of this part is static calculation and also main technical drawings. The second part of the theme is an analysis of the frame corner according with respect to stiffness and internal forces

Keywords:

Multipurpose sports hall. Glued laminated wood. Solid wood. Two-joint frame. Frame corner. Frame corner stiffness. Static calculation.

Obsah

Část 1-Návrh halové rámové konstrukce	3
Úvod:	4
Základní popis objektu:	4
Popis konstrukčního řešení-technická zpráva:	5
Výsledné dimenze a materiály navržených prvků:	6
Zatížení:	6
Skladby:	7
Ztužení haly:	8
Střecha:	8
Obvodový plášť:	8
Přílohy:	8
Použité podklady:	9
Použité normy:	9
Použitá literatura:	9
Webové zdroje:	9
Použité softwary:	10
Statický výpočet	11
Výpočet zatížení	12
Zatížení stálé:	12
Zatížení sněhem:	13
Zatížení větrem:	14
Návrh a posouzení vaznice	18
Zatížení na vaznici	18
Návrh a posouzení vaznice	20
Kotvení vaznic	24
Návrh a posouzení rámu	25
Zatížení působící na rám	25
Zatěžovací stavy	26
Výsledky kombinací	28
Výsledná obálka vnitřních sil	38
Výpočet tuhosti rámového rohu	39
Návrh a posouzení rámového rohu	40
Návrh a posouzení příčle rámu	47
Návrh a posouzení stojiny rámu	51

Návrh a posouzení patního kloubu	56
Návrh a posouzení štítového sloupu.....	62
Návrh kotvení štítový sloup-vazník	67
Návrh kotvení štítový sloup-základ	70
Návrh a posouzení paždíku	73
Návrh a posouzení ztužidel	76
Část 2-Analýza rámového rohu	79
Vliv sklonu střešní konstrukce (příčle) na přerozdělení vnitřních sil na rámové konstrukci:..	80
Varianta 1:	81
Varianta 2:	84
Závěr:.....	86
Vliv tuhosti na návrh rámového rohu:	87
Závěr:.....	90

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



Část 1-Návrh halové rámové konstrukce

Úvod:

Základní popis objektu:

První část mé bakalářské práce se zabývá praktickým návrhem nosné dřevěné rámové konstrukce. Jedná se o statický návrh všech hlavních nosných prvků a vybraných spojů. V rámci mé bakalářské práce není řešena dispozice, základové konstrukce a skladby, které neovlivňují návrh nosných prvků. Posuzovanou budovou je víceúčelová sportovní hala v Sušici, jež je určena mimo jiné pro sporty jako florbal, futsal, volejbal či basketbal. Do haly je též možné umístit menší mobilní tribunu.

Díky svým půdorysným rozměrům 45x35m (osové rozměry nosných ráků) a výšce 14,390m (výška horního pásu vazníků) poskytuje hala dostatek prostoru pro široké dispoziční využití a uspořádání.

Nosná konstrukce střechy je tvořena rámovou konstrukcí a vaznicemi. Rámy jsou od sebe vzdáleny 5m a vaznice jsou k nim připojeny v osové vzdálenosti 1,25m pomocí kotev BOVA BT/T 140x140mm. Vaznice jsou zarovnaný s horní hranou vazníku. Celkově je střešní plášť tvořen dvojitým záklopem z OSB desek, parotěsnou fólií, tepelnou izolací a pochozí povrchovou hydroizolací.

Nosná konstrukce stěn je tvořena svislými stojinami ráků a vodorovnými paždíky. Ve štítové stěně nahrazují funkci stojin ráků štítové sloupky. Prostor mezi sloupky je vyplněn tepelnou izolací o celkové tl. 220mm. Na stranu do interiéru i exteriéru jsou jako záklop navrženy OSB desky (na vnější straně jsou perforované). Jako povrchová úprava exteriéru stěn je navržena akrylátová omítka s výztužnou sítí. V interiéru tvoří pohledovou vrstvu deska Internit LW, která je upevněna na vlastní nosný rošt. Předností desky Internit LW vůči klasické sádkartonové desce je její zvýšená pevnost a odolnost.

Popis konstrukčního řešení-technická zpráva:

Hlavní nosný rám konstrukce je navržen z lepeného lamelového dřeva GL32h s osovou vzdáleností 5m. Rám je tvořen dvojicí stojin, jež jsou pomocí patního kloubu připojeny k základové konstrukci. Příčel je připojena ke stojinám kruhovým svorníkovým (kolíkovým) stykem. Styk je navržen jako polotuhý, aby bylo možno v modelu konstrukce uvažovat rotační tuhost. Rámový styk je navržen jako klasický s ocelovými kolíky, které jsou umístěny ve dvou soustředných kružnicích. Příčle rámu je dimenzována na rozměry 240x2100mm. Stojiny jsou navrženy o celkové tl. 640mm s náběhem směrem k rámovému rohu, v rámovém rohu mají výšku 2100mm a u patního kloubu 1300mm.

Mezi hlavní nosné rámy jsou navrženy vaznice z rostlého dřeva třídy C24. Vaznice jsou navrženy a posouzeny na rozhodující způsob namáhání a jejich výsledná dimenze je 140x260mm. Osově jsou vaznice vzdáleny 1250mm, což přispívá k lepší pokládce a spojování následného záklopu, neboť tato vzdálenost respektuje formát OSB desek. Vaznice jsou k hlavním nosným ráům připojeny pomocí systémových hřebíkových kotev BOVA BT/T 140x140mm.

Ve štítových stěnách jsou navrženy štítové sloupky z lepeného lamelového dřeva GL32h o dimenzi 240x560mm a osově vzdálenosti 5m. Štítové sloupky jsou k hlavním nosným ráům (příčli) kotveny ocelovými úhelníky, šrouby a svorníky vloženými do oválných otvorů, aby tento spoj umožnil potřebný pohyb ve svislém směru. K základové konstrukci jsou sloupky připojeny kloubově patním plechem a svorníky.

Jako vodorovné nosné prvky obvodového pláště byly navrženy paždíky, opět z lepeného lamelového dřeva GL32h v osových vzdálenostech 1,5m. U paždíku je plně respektován mezní stav použitelnosti a proto jejich dimenze vychází 220x160mm. V místě příčných stěnových ztužidel umístěných v podélných stěnách jsou paždíky zesíleny na rozměr 220x220mm.

Výsledné dimenze a materiály navržených prvků:

Konstrukční prvek:	Materiál:	Rozměry:
Příčel rámu	GL32h	240x2100mm
Stojina rámu	GL32h	640x1300(2100)mm
Vaznice	C24	140x260mm
Štítový sloupek	GL32h	240x560mm
Paždík	GL32h	220x160mm

Zatížení:

Stálé zatížení: Zatížení bylo stanoveno na základě normy ČSN EN 1991-1-1, Zatížení konstrukcí-obecná zatížení- objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

- LLD GL 32 h-Y= 4,4 kN/m³
- Rostlé dřevo C24 -Y=6 kN/m³
- Skladba střechy a stěny (viz. statický výpočet)

Užitné zatížení: Zatížení bylo stanoveno na základě normy ČSN EN 1991-1-1, Zatížení konstrukcí-obecná zatížení- objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

- Střecha kategorie H-q_k=0,75 kN/m²

Zatížení sněhem: Návrh zatížení konstrukce sněhem byl proveden na základě Normy ČSN EN 1991-1-3, Zatížení konstrukcí-obecná zatížení-zatížení sněhem. Místo stavby- Sušice, sněhová oblast II. (dle mapy sněhových oblastí pro ČR).

Zatížení větrem: Návrh zatížení konstrukce větrem byl proveden na základě Normy ČSN EN 1991-1-4, Zatížení konstrukcí-obecná zatížení-zatížení větrem. Místo stavby: Sušice, větrová oblast II. (dle mapy větrovných oblastí pro ČR).

Skladby:

Navrženy byly pouze skladby ovlivňující zatížení nosné konstrukce víceúčelové sportovní haly.

Skladba střešního pláště:

- Hydroizolace Protan G tl. 1,5mm
- Tepelná izolace polystyren (EPS 200 S) tl. 400mm
- Guttafol DS Alu
- OSB deska tl. 25mm
- OSB deska tl. 25mm
- Podhled (není blíže specifikován- např. osvětlení, vzduchotechnika, popřípadě celistvý podhled např. biodeska)

Skladba obvodového pláště:

- Tenkovrstvá omítka Termo+ Diffu tl. 5+3mm
- Pojistná tepelná izolace Steico tl. 60mm
- Lepící tmel 5mm
- Perforovaná OSB deska tl. 18mm
- Tepelná izolace Steico Flex+nosný rošt tl. 220mm
- OSB deska tl. 18mm
- Isocell FH-I
- Nosný rošt + deska Internit LW tl. 12mm

Ztužení haly:

Prostorová tuhost a celkové ztužení víceúčelové sportovní haly zajišťují ocelová táhla nacházející se ve střešní konstrukci v příčném i podélném směru. Táhla jsou navržena i do stěnových konstrukcí. Táhla jsou ke konstrukci připojena kloubově. Navržena byla systémová táhla výrobce Macalloy o průměru 20mm ve střešní a 24mm ve stěnové konstrukci.

Střecha:

Střecha haly je navržena jako plochá s atikou o výšce 150mm. Skladba střešní konstrukce je navržena jako jednoplášťová. Ve skladbě se nachází zdvojený záklop z OSB desek, který je výhodný hlavně z hlediska únosnosti a pro kotvení případných podhledových prvků. Odvod dešťové vody bude zajištěn za pomoci náběhových klínů z tep. izolace do dešťových svodů.

Obvodový plášť:

Skladba obvodového pláště je navržena jako difúzně otevřená což zajišťuje perforace vnější OSB desky. Vnitřní OSB deska slouží jako parobrzda, podpořena parobrzdnou fólií Isocel FH-I s vlákninou. Tepelně izolační funkci plní tepelná izolace Steico Flex o celkové tloušťce 220mm. Skladba obsahuje ještě vnější tepelnou izolaci Steico tl. 60mm jež slouží jako pojistka proti tvorbě tepelných mostů.

Přílohy:

Součástí této části bakalářské práce jsou následující přílohy:

- Dispoziční konstrukční výkresy nosné konstrukce.
- Výkresy rozhodujících konstrukčních detailů.

Použité podklady:

Použité normy:

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí-Část 1-1: Obecná zatížení-Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení. Praha. Český normalizační institut, 2004. 44s
- [2] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí-Část 1-3: Obecná zatížení-Zatížení sněhem. Praha. Český normalizační institut. 2004. 52s.
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí-Část 1-4: Obecná zatížení-Zatížení větrem. Praha. Český normalizační institut. 2007. 124s.
- [4] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí-Část 1-1: Obecná pravidla-Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha. Český normalizační institut. 2007. 114s
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí-Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha. Český normalizační institut. 2006

Použitá literatura:

- [6] Kuklík: Dřevěné konstrukce, ČVUT Praha
- [7] Kuklík, Kuklíková, Mikeš: Dřevěné konstrukce 1, Cvičení, ČVUT Praha
- [8] Studnička, Holický: Ocelové konstrukce 20- Zatížení staveb, ČVUT Praha
- [9] Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5: STEP 2: navrhování detailů a nosných systémů / Vydání 1. Praha. Informační centrum ČKAIT, 2004. 401s. ISBN 80-86769-13-5.
- [10] Kuklík Petr: Příručka 2 – Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5, Vydání 1. 2008.
- [11] Koželouh Bohumil: Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí- Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby-komentář k ČSN 73 1702:2007.Praha 2008.
- [12] Jack Porteous, Abdy Kermani: Structural Timber design- to Eurocode 5.

Webové zdroje:

- [13] Bova spol s.r.o. – Český výrobce kování [online]

<http://bova-nail.cz/kategorie-produktu/kovani-drevene-konstrukce/>

- [14] Steico – Stavební systém z přírody [online]

<http://www.steico.com/cz/>

[15] DEK s.r.o. – stavebniny online [online]

<https://www.dek.cz/>

[16] www.vrtstrechy.cz [online]

http://www.vrtstrechy.cz/wp-content/uploads/2013/08/Katalog_stavebni-vruty11.pdf

[17] Petr Kuklík- Dimenzování prvků dřevěných konstrukcí. proLignum [online]

http://www.prolignum.cz/fileadmin/prolignum/media.cz/7_Dimenzovani_prvku_drevenych_konstrukci_Petr_Kuklik.pdf

[18] M.t.a – Dodavatel pro dřevostavby [online]

<http://www.mta.cz/produkty/>

[19] Tension systems- Macalloy [online]

<http://www.tension.cz/produkty/tahla-macalloy>

Použité softwary:

[1] Microsoft Office Word 2017. Microsoft Office 362 Pro Plus. Microsoft.

[2] Microsoft Office Excel 2017. Microsoft Office 362 Pro Plus. Microsoft.

[3] Autocad 2017. Autodesk. Licence Robert Spálenský

[4] SCIA Engineer 16.1. Licence Robert Spálenský

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



Statický výpočet

Výpočet zatížení

Zatížení stálé:

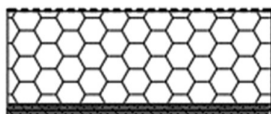
Zatížení střešní pláště:

skladba:	g_k (kN/m ²)	Y_g	g_d (kN/m ²)
Hydroizolace Protan G 1,5mm	0,02	1,35	0,03
Tep. iz. polystyren 400mm (EPS 200S)	0,15		0,2
Guttafol DS Alu	0,002		0,003
OSB deska tl. 25mm	0,15		0,20
OSB deska tl. 25mm	0,15		0,20
Podhled (max odhad)	1		1,35

celkem: **1,58 kN/m² 2,1 kN/m²**

Zatížení užité:

	g_k (kN/m ²)	Y_g	g_d (kN/m ²)
pochozí střecha (údržba)	0,75	1,5	1,125

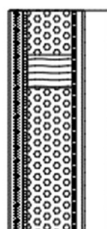


Protan G 1,5mm
Tep. izolace EPS 200 S 400mm
Guttafol DS Alu
OSB deska 25mm
OSB deska 25mm
Podhled

Zatížení skladba stěny:

skladba:	g_k (kN/m ²)	Y_g	g_d (kN/m ²)
Omítka Termo+Diffu tl.8mm	0,157	1,35	0,21
Tepelná izolace Steico 60 mm	0,116		0,2
Lepící tmel tl. 5mm	-		-
perforovaná OSB tl. 18mm	0,108		0,15
Tep. iz.Steico flex 220 mm	0,11		0,15
Dřevěný rošt	0,31		0,4185
OSB tl. 18mm	0,108		0,1458
Isocel FH-I	0,002		0,0027
rošt+Desky Internit LW tl.12mm	0,145		0,19575

celkem: **1,016 kN/m² 1,38 kN/m²**



Omítka Termo+diffu 8mm
izolace Steico 60mm
Lepící tmel 5mm
Perforovaná OSB 25mm
Steico Flex 220mm+nosný rošt
OSB 25mm
Isocel FH-I
nosný rošt+desky Internit LW 12mm

Zatížení sněhem:

koeficienty:

Lokalita: Sušice

Sněhová oblast: II

$S_k=1 \text{ kN/m}^2$

souč. expozice $C_e=1$

souč. tepla $C_t=1$

tvarový souč. $\mu_1=0,8$

$\alpha=\text{do } 5^\circ$ (plochá)

Výpočet:

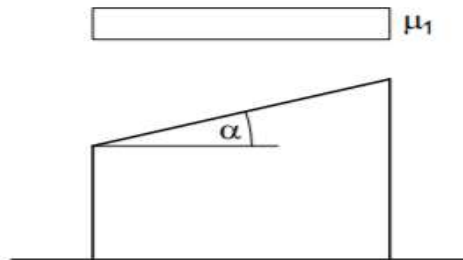
1. Návrhový stav:

$$S_1 = \mu_{1\alpha} * C_e * C_t * S_k$$

$$S_1 = 0,8 * 1 * 1 * 1$$

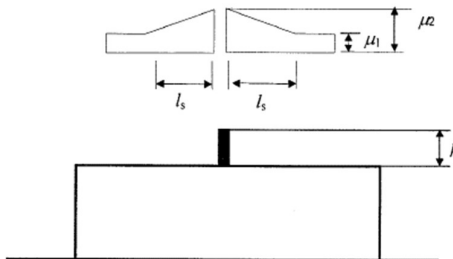
$$S_1 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

Schéma:



2. Návrhový stav (navátí o překážku-atika):

Schéma:



$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_2 = Y * h / S_k$$

$$\mu_2 = 2 * 0,15 / 1$$

$$\mu_2 = 0,3$$

$$0,8 < \mu_2 < 2$$

$$\mu_1 = \mu_2$$

2. Návrhový stav nezmění zatížení sněhem

$$h_{atiky} = 0,15 \text{ m}$$

$$l_s = 2h$$

$$l_s = 2 * 0,15$$

$$l_s = 0,3 \text{ m}$$

$$5 < l_s < 15 \text{ m}$$

$$l_s = 5 \text{ m}$$

$$Y_{navaty} = 2 \text{ kN/m}^3$$

$$S_k = 1 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem:

Koeficienty:

Lokalita: Sušice
Větrová oblast: II

Hodnoty:
 $V_{b,0}=25\text{m/s}$
 $P_{vz}=1,25\text{kg/m}^3$

Rozměry objektu:

šířka $b=35\text{m}$
délka $d=45\text{m}$
výška $h=15\text{m}$

Kategorie terénu: III

$z_0=0,3\text{m}$

$z_{\min}=5\text{m}$

$z_{0,II}=0,05\text{m}$

$C_{dir}=1$

$C_{season}=1$

$C_{e(z)}=2,4$

$A>10\text{m}^2$

použito $C_{pe,10}$

Výpočet:

1. Základní rychlost větru

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{bo}$$

$$V_b = 1 * 1 * 25$$

$$V_b = 25\text{m/s}$$

2. Charakteristická střední rychlost větru

$$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{oz} * V_b$$

$$V_{m(z)} = 0,81 * 1 * 25$$

$$V_{m(z)} = 20,25\text{m/s}$$

Součinitel nerovnosti terénu:

$$C_{r(z)} = (K_r * \ln(z/z_0)) = 0,22 * \ln(15/0,3) = 0,81$$

Součinitel terénu:

$$K_r = 0,19 * (z_0/z_{0II})^{0,07} = 0,19 * (0,3/0,05)^{0,07} = 0,22$$

3. Maximální dynamický tlak větru

$$q_{p(z)} = C_{e(z)} * q_b$$

$$q_{p(z)} = 2,4 * 390,6$$

$$q_{p(z)} = 937,4 \text{ N/m}^2$$

Základní tlak větru:

$$q_b = 1/2 * P_{vz} * v_{(z)}^2$$

$$q_b = 0,5 * 1,25 * 25^2$$

$$q_b = 390,6 \text{ N/m}^2$$

4. Tlak větru na konstrukci

Vítr na stěny:

Koeficienty:

šířka $b=35\text{m}$
 délka $d=45\text{m}$
 výška $h=15\text{m}$
 (d prohozeno za b)
 $e=\min(b;2h)$
 $e=\min(45;30)$
 $e=30\text{m}$

$h/d=0,32$

Oblasti:

$C_{pe(A)}=-1,2$

$C_{pe(B)}=-0,8$

$C_{pe(C)}=-0,5$

$C_{pe(D)}=0,71$

$C_{pe(E)}=-0,32$

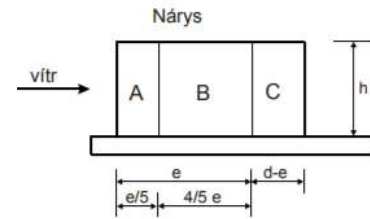
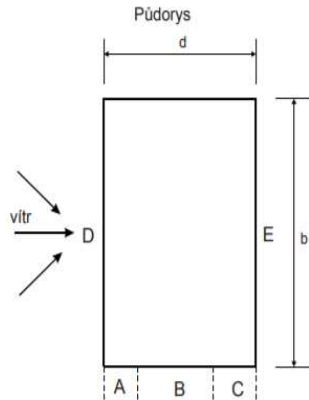
$e=30\text{m}$

$e/5=6\text{m}$

$4/5e=24\text{m}$

$d-e=5\text{m}$

Schéma:



$$W_{e(A)} = q_{p(z)} * C_{pe(A)}$$

$$W_{e(A)} = 937,4 * -1,2$$

$$W_{e(A)} = -1124,88 \text{ N/m}^2$$

$$W_{e(B)} = q_{p(z)} * C_{pe(B)}$$

$$W_{e(B)} = 937,4 * -0,8$$

$$W_{e(B)} = -749,92 \text{ N/m}^2$$

$$W_{e(C)} = q_{p(z)} * C_{pe(C)}$$

$$W_{e(C)} = 937,4 * -0,5$$

$$W_{e(C)} = -468,7 \text{ N/m}^2$$

$$W_{e(D)} = q_{p(z)} * C_{pe(D)}$$

$$W_{e(D)} = 937,4 * 0,71$$

$$W_{e(D)} = 665,56 \text{ N/m}^2$$

$$W_{e(E)} = q_{p(z)} * C_{pe(E)}$$

$$W_{e(E)} = 937,4 * -0,32$$

$$W_{e(E)} = -299,968 \text{ N/m}^2$$

Koeficienty:

šířka $b=35\text{m}$
délka $d=45\text{m}$
výška $h=15\text{m}$

$e=\min(b;2h)$
 $e=\min(35;30)$
 $e=30\text{m}$

$h_p=0,15\text{m}$
 $h_p/h=0,01$

Oblasti:

$C_{pe(F)}=-1,2$

$C_{pe(G)}=-0,8$

$C_{pe(H)}=-0,7$

$C_{pe(I)}=0,2$

$C_{pe(l)}=-0,2$

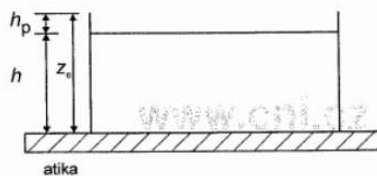
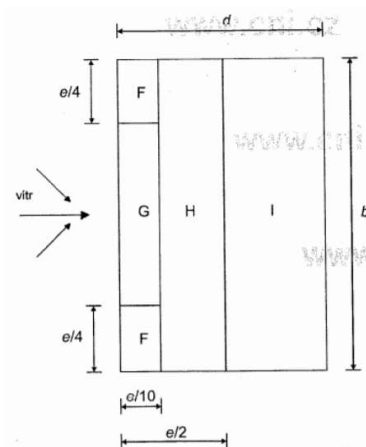
$e/4=7,5\text{m}$

$e/10=3\text{m}$

$e/2=15\text{m}$

Vítr na střechu: podélný vítr

Schéma :



$$W_{e(F)}=q_{p(z)} * C_{pe(F)}$$

$$W_{e(F)}=937,4 * -1,2$$

$$W_{e(F)}=-1124,88 \text{ N/m}^2$$

$$W_{e(G)}=q_{p(z)} * C_{pe(G)}$$

$$W_{e(G)}=937,4 * -0,8$$

$$W_{e(G)}=-749,92 \text{ N/m}^2$$

$$W_{e(H)}=q_{p(z)} * C_{pe(H)}$$

$$W_{e(H)}=937,4 * -0,7$$

$$W_{e(H)}=-656,18 \text{ N/m}^2$$

$$W_{e(I)}=q_{p(z)} * C_{pe(I)}$$

$$W_{e(I)}=937,4 * 0,2$$

$$W_{e(I)}=187,48 \text{ N/m}^2$$

$$W_{e(l)}=q_{p(z)} * C_{pe(l)}$$

$$W_{e(l)}=937,4 * -0,2$$

$$W_{e(l)}=-187,48 \text{ N/m}^2$$

Koeficienty:

šířka $b=35\text{m}$
délka $d=45\text{m}$
výška $h=15\text{m}$

$e=\min(b;2h)$
 $e=\min(45;30)$
 $e=30\text{m}$
(d prohozeno za b)

$e/4=7,5\text{m}$
 $e/10=3\text{m}$
 $e/2=15\text{m}$

$h_p=0,15\text{m}$
 $h_p/h=0,01$

Oblasti:

$C_{pe(F)}=-1,2$

$C_{pe(G)}=-0,8$

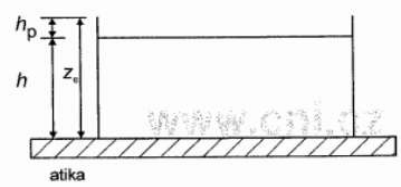
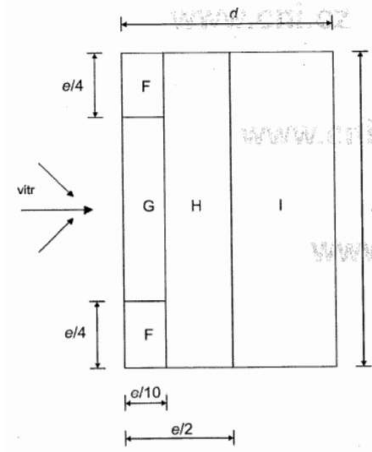
$C_{pe(H)}=-0,7$

$C_{pe(I)}=0,2$

$C_{pe(l)}=-0,2$

Vítr na střechu: příčný vítr

Schéma :



$$W_{e(F)}=q_{p(z)} * C_{pe(F)}$$

$$W_{e(F)}=937,4 * -1,2$$

$$W_{e(F)}=-1124,88\text{N/m}^2$$

$$W_{e(G)}=q_{p(z)} * C_{pe(G)}$$

$$W_{e(G)}=937,4 * -0,8$$

$$W_{e(G)}=-749,92\text{ N/m}^2$$

$$W_{e(H)}=q_{p(z)} * C_{pe(H)}$$

$$W_{e(H)}=937,4 * -0,7$$

$$W_{e(H)}=-656,18\text{ N/m}^2$$

$$W_{e(I)}=q_{p(z)} * C_{pe(I)}$$

$$W_{e(I)}=937,4 * 0,2$$

$$W_{e(I)}= 187,48\text{N/m}^2$$

$$W_{e(l)}=q_{p(z)} * C_{pe(l)}$$

$$W_{e(l)}=937,4 * -0,2$$

$$W_{e(l)}= -187,48\text{N/m}^2$$

Návrh a posouzení vaznice

Zatížení na vaznici

Koeficienty:

Souhrn zatížení na vaznici

Vaznice:

typ	zatížení	ch. h. (kN/m ²)	Y _g	návrh. h.(kN/m ²)
stálé	skladba	1,58	1,35	2,13

Zatížení:

$$q_k \text{ vítr} = -1124,88 \text{ N/m}^2$$

$$q_k \text{ vítr} = 187 \text{ N/m}^2$$

$$g_k = 1,58 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k \text{ sníh} = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k \text{ užité} = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

celkem:

$$1,58 \text{ kN/m}^2$$

$$2,13 \text{ kN/m}^2$$

typ	zatížení	ch. h. (kN/m ²)	Y _g	návrh. h.(kN/m ²)
proměnné	užité	0,75	1,5	1,125
proměnné	vítr	0,187	1,5	0,2805
proměnné	vítr	-1,124	1,5	-1,686
proměnné	sníh	0,8	1,5	1,2

Kombinace zatížení na vaznici

$$\Psi_0 = 0,5 \text{ sníh}$$

$$\Psi_0 = 0,6 \text{ vítr}$$

$$\text{MSU: } \sum Y_{Gj} G_{kj} + Y_{Q,1} Q_{k,1} + \sum Y_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$\text{MSP: } \sum G_{kj} + Q_{k,1} + \sum \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kombinace zatížení na vaznici

Koeficienty:

Vaznice (zat. šířka 1,250m)

vaznice:

C24=500kg/m³

140*260mm

vl. tíha=0,14*0,26*5

vl. tíha=0,18kN/m

Zatížení na 1,25m

q_k vítr = -1406 N/m

q_k vítr = 233 N/m

g_k=1,98+0,18 kN/m

g_k=2,16 kN/m

q_k sníh = 1 kN/m

	Y _G	g _k	+	q _k	Y _Q	+	Y _Q	Ψ ₀	q _k	=	f(kN/m)
CO1	1,35	2,16	+	1,5	1	+	1,5	0,6	0	=	4,42
CO2	1,35	2,16	+	1,5	1	+	1,5	0,6	0,23	=	4,62
CO3	1,35	2,16	+	1,5	0,23	+	1,5	0,5	1	=	4,01
CO4	1	2,16	+	1,5	-1,4	+	1,5	0,5	0	=	0,06

Rozhoduje:

4,62kN/m

Návrh a posouzení vaznice

Koeficienty:

dřevo: C24

třída provozu: 1

zatížení: střednědobé

$k_{mod}=0,8$

$f_{mk}= 24\text{MPa}$

$f_{v,k}= 4\text{MPa}$

$E_{0,mean}=11000 \text{ MPa}$

$Y_m=1,3$

$k_m=0,7$

$f_d=4,62 \text{ kN/m}$

$L=5\text{m}$

Průřez:

$b=140\text{mm}$

$h=260\text{mm}$

$A=36400\text{mm}^2$

$I_y=205053333\text{mm}^4$

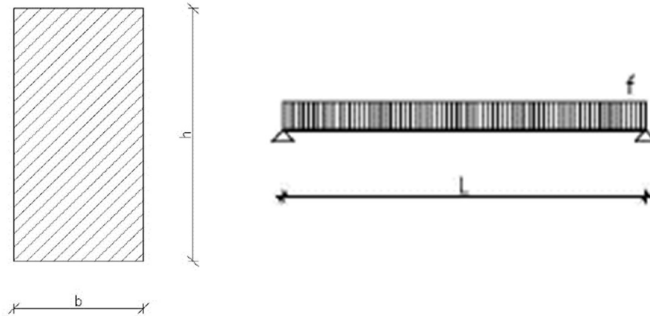
$I_z=59453333\text{mm}^4$

$W_y=1577333\text{mm}^3$

$W_z=849333\text{mm}^3$

Výpočet: Vaznice

Schéma:



Mezní stav únosnosti:

Ohyb:

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{md} = k_{mod} * \frac{f_{mk}}{Y_m} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,8 \text{ MPa}$$

Výpočet vnitřních sil:

$$M_d = \frac{1}{8} * f * l^2 = \frac{1}{8} * 4,62 * 5^2 = 14,5 \text{ kNm}$$

Výpočet normálových napětí od ohybu:

$$\sigma_d = \frac{M_d}{W_y} = \frac{14500000}{1577333} = 9,19 \text{ MPa}$$

Posouzení na ohyb:

$$\sigma_d \leq f_{md} \\ 9,19 \leq 14,8 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$$A_{\text{eff}}=24388\text{mm}^2$$

Smyk:

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{vd} = k_{\text{mod}} * \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{4}{1,3} = 2,46 \text{ MPa}$$

$$b_{\text{eff}}=k_{\text{cr}}*b=0,67*140=93,8\text{mm}$$

Výpočet vnitřních sil:

$$V_d = \frac{1}{2} * f_d * L = \frac{1}{2} * 4,62 * 5 = 11,55 \text{ kN}$$

Smykové napětí:

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{A_{\text{eff}}} = \frac{3}{2} * \frac{11550}{24388} = 0,71 \text{ MPa}$$

Posouzení smyku:

$$\tau_d \leq f_{vd}$$

$$0,71 \leq 2,46$$

Vyhovuje

$E_{0,05}=7400 \text{ MPa}$
 $L_{eff}=5\text{m}$

Klopení:

Kritické napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * E_{0,05} * b^2}{h * L_{eff}} = \frac{0,78 * 7400 * 140^2}{260 * 5000} = 87 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{78}} = 0,55$$

Součinitel příčné torzní stability:

$$\lambda_{rel,m}=0,55 < 0,75 \rightarrow k_{crit}=1$$

Návrhová pevnost:

$$f_{m,d,red}=k_{crit} * f_{m,d}=1 * 14,8=14,8 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\sigma_d < f_{m,d,red}$$

$$9,19 < 14,8 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Mezní stav použitelnosti:

Okamžitý průhyb:

$$w_{inst,Gc} = \frac{5}{384} * \frac{g_k * L^4}{E_{0,mean} * I_y} = \frac{5}{384} * \frac{2,16 * 5000^4}{11000 * 205053333} = 7,8mm$$

$$w_{inst,s} = \frac{5}{384} * \frac{s_k * L^4}{E_{0,mean} * I_y} = \frac{5}{384} * \frac{1 * 5000^4}{11000 * 205053333} = 3,06mm$$

$$w_{inst,w} = \frac{5}{384} * \frac{w_k * L^4}{E_{0,mean} * I_y} = \frac{5}{384} * \frac{0,23 * 5000^4}{11000 * 205053333} = 0,83mm$$

$$w_{inst} = w_{inst,Gc} + w_{inst,s} + w_{inst,w} = 11,69mm$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$w_{inst} < w_{lim} = l/300 = 16,6mm$$

$$11,69 < 16,6mm$$

Vyhovuje

$$k_{def} = 0,6$$

$$\Psi_2 = 0$$

Konečný průhyb:

$$w_{net,fin} = (w_{inst,Gc}) * (1 + k_{def}) + w_{inst,s} * (1 + k_{def} * \Psi_2) + w_{inst,w} * (1 + k_{def} * \Psi_2) =$$

$$w_{net,fin} = 7,8 * (1 + 0,6) + 3,06 * (1 + 0) + 0,83 * (1 + 0)$$

$$w_{net,fin} = 16,37mm$$

Posouzení konečného průhybu:

$$w_{net,fin} < w_{L/250}$$

$$16,37 < 20mm$$

Vyhovuje

Navrhuji vaznici 140*260mm

Kotvení vaznic

Návrh kotvení :

Připojení vaznice k vazníkům je realizováno pomocí třmenů BOVA BV/T-140.

Vaznice :

Působící síla $R_d=11,55\text{kN}$

Únosnost plechu dle výrobce:

$F_{us}=28,118\text{ kN}$

$F_{us}>R_d$

$28,118>11,55\text{kN}$

Vyhovuje

Únosnost hřebíků dle výrobce:

Hřebíky : $\varnothing 4 \times 60\text{mm}$

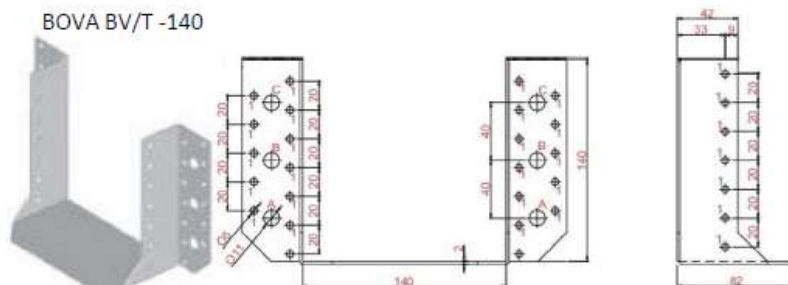
Počet: 20

Celková únosnost: 14,20 kN

$F_{Hr}>R_d$

$14,20>11,55\text{ kN}$

Vyhovuje



Navrhuji kotvu BOVA BV/T-140 140*140mm.

Návrh a posouzení rámu

Zatížení působící na rám

Souhrn zatížení (zatěžovací šířka 5m):

typ	zatížení	charakt. h. (kN/m)	γ_g	n. h. (kN/m)
stálé	skladba	$1,08 \cdot 5 = 5,4$	1,35	7,29
stálé	vaznice	$\frac{0,14 + 0,26 \cdot 5 \cdot 5}{(1,250 \cdot 5)} = 0,15 \cdot 5 = 0,75$	1,35	1,01
stálé	skladba stěna	$1,016 \cdot 5 = 5,3$	1,35	6,85

celkem: 11,23 kN/m 15,15 kN/m

*vlastní tíha rámu uvažována v rámci programu SCIA Engineer

*zatížení podhledem na vazník uvažováno pouze 0,5 kN/m²

typ	zatížení	charakt. h. (kN/m)	γ_g	n. h. (kN/m)
prom.	sníh	$0,8 \cdot 5 = 4$	1,5	6,00
prom.	vítr pod.(l)	$0,187 \cdot 5 = 0,935$	1,5	1,41
prom.	vítr příč.	$-1,12 \cdot 5 = -5,6$	1,5	-8,4
prom.	vítr příč.	$-0,750 \cdot 5 = -3,75$	1,5	-5,63
prom.	vítr příč.	$-0,656 \cdot 5 = -3,28$	1,5	-4,92
prom.	vítr příč.	$0,187 \cdot 5 = +/- 0,935$	1,5	+/- 1,4
prom.	vítr stěn.	$0,665 \cdot 5 = 3,325$	1,5	4,98
prom.	vítr stěn.	$-0,3 \cdot 5 = -1,5$	1,5	-2,25

Kombinace na rám:

$\psi_0 = 0,5$ sníh

$\psi_0 = 0,6$ vítr

$g_k =$ stálé

$s =$ sníh

$w_{pod} =$ vítr podélný

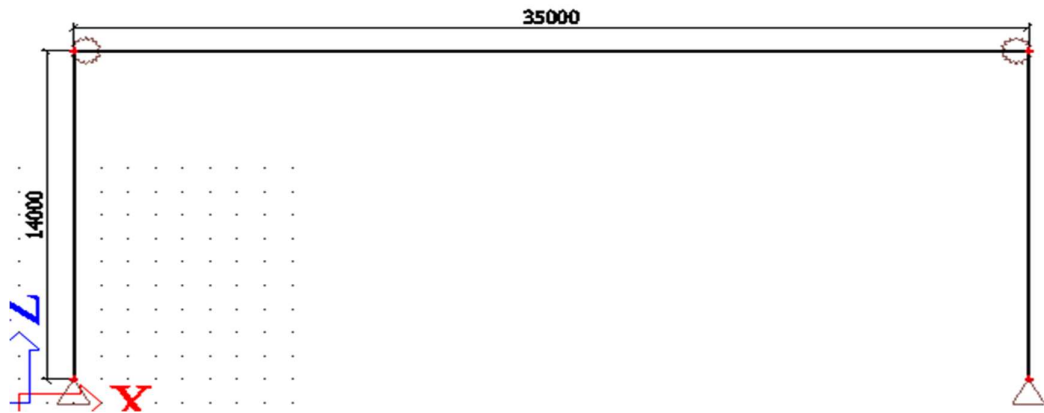
$w_{příč} =$ vítr příčný

CO1	$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot s$
CO2	$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot s + 1,5 \cdot w_{pod} \cdot 0,6$
CO3	$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot s + 1,5 \cdot w_{příč} \cdot 0,6$
CO4	$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot s + 1,5 \cdot w_{příč} \cdot 0,6$
CO5	$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot w_{pod} + 1,5 \cdot s \cdot 0,5$
CO6	$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot w_{příč} + 1,5 \cdot s \cdot 0,5$
CO7	$1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot w_{příč} + 1,5 \cdot s \cdot 0,5$
CO8	$1 \cdot g_k + 1,5 \cdot w_{pod}$
CO9	$1 \cdot g_k + 1,5 \cdot w_{příč}$
CO10	$1 \cdot g_k + 1,5 \cdot w_{příč}$

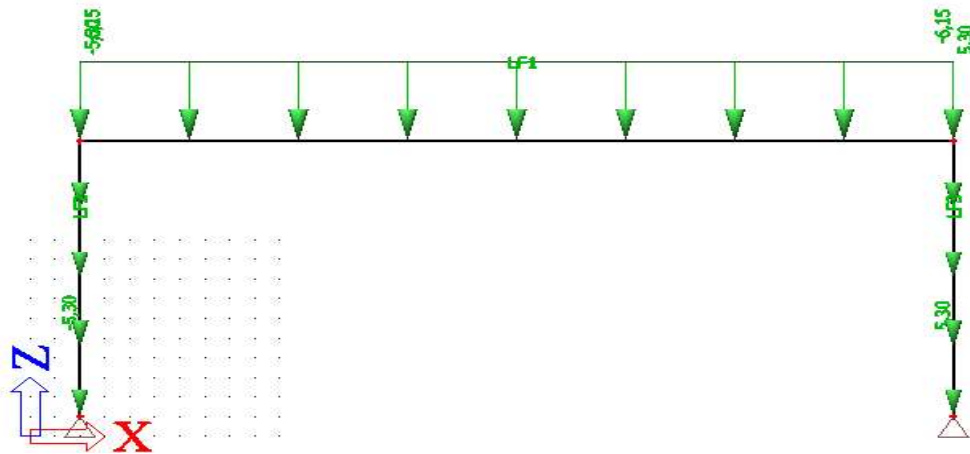
*kombinace CO4, CO7 a CO10 uvažovány s zápornou hodnotou tlaku větru v oblasti I

Zatěžovací stavy

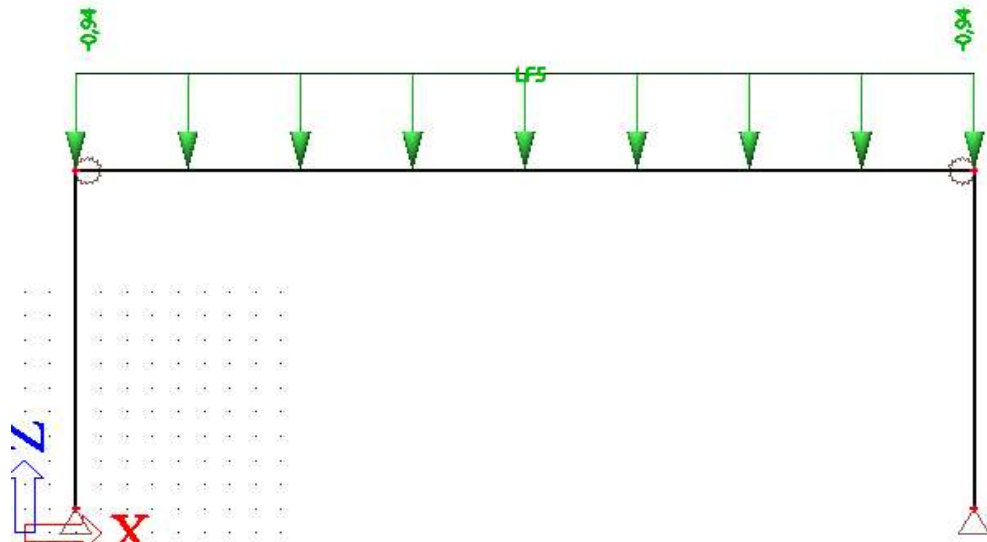
Schéma:



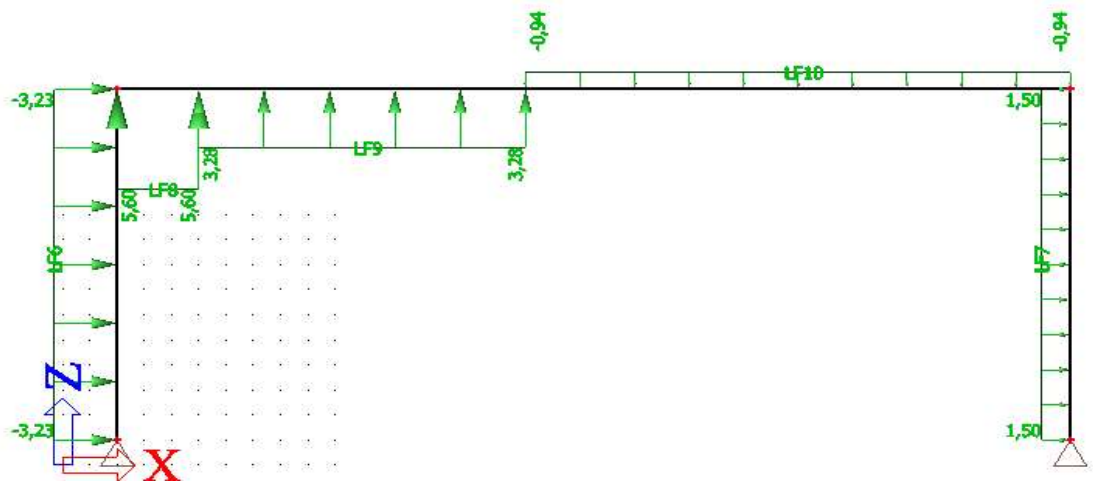
Zatížení skladby:



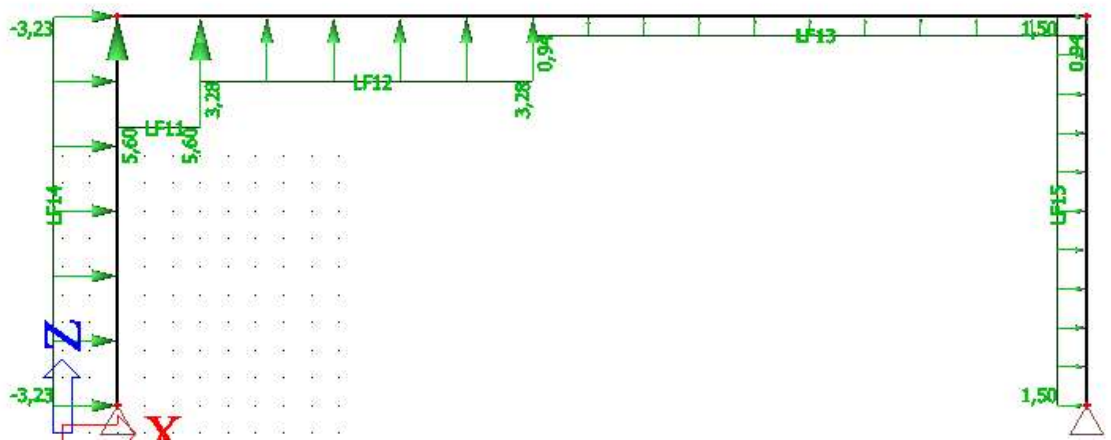
Zatížení vítr podélný:



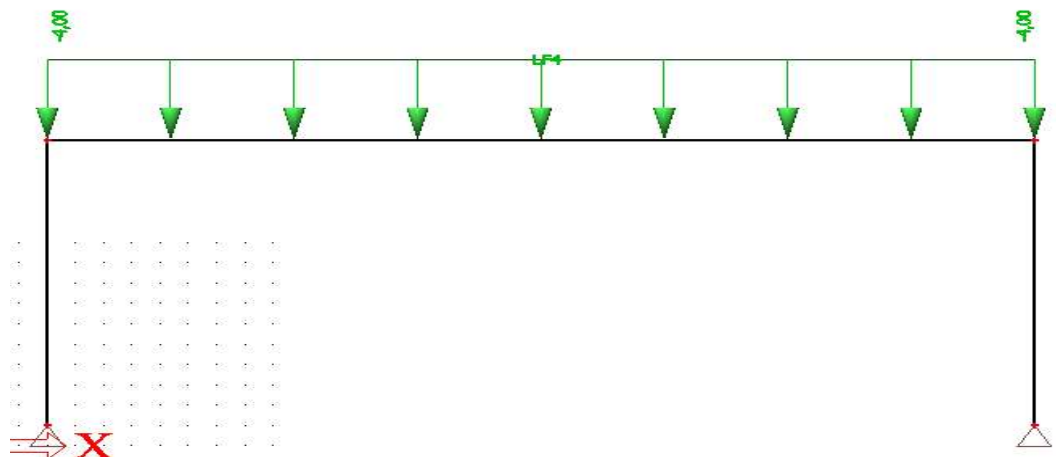
Zatížení vítr příčný 1:



Zatížení vítr příčný 2:

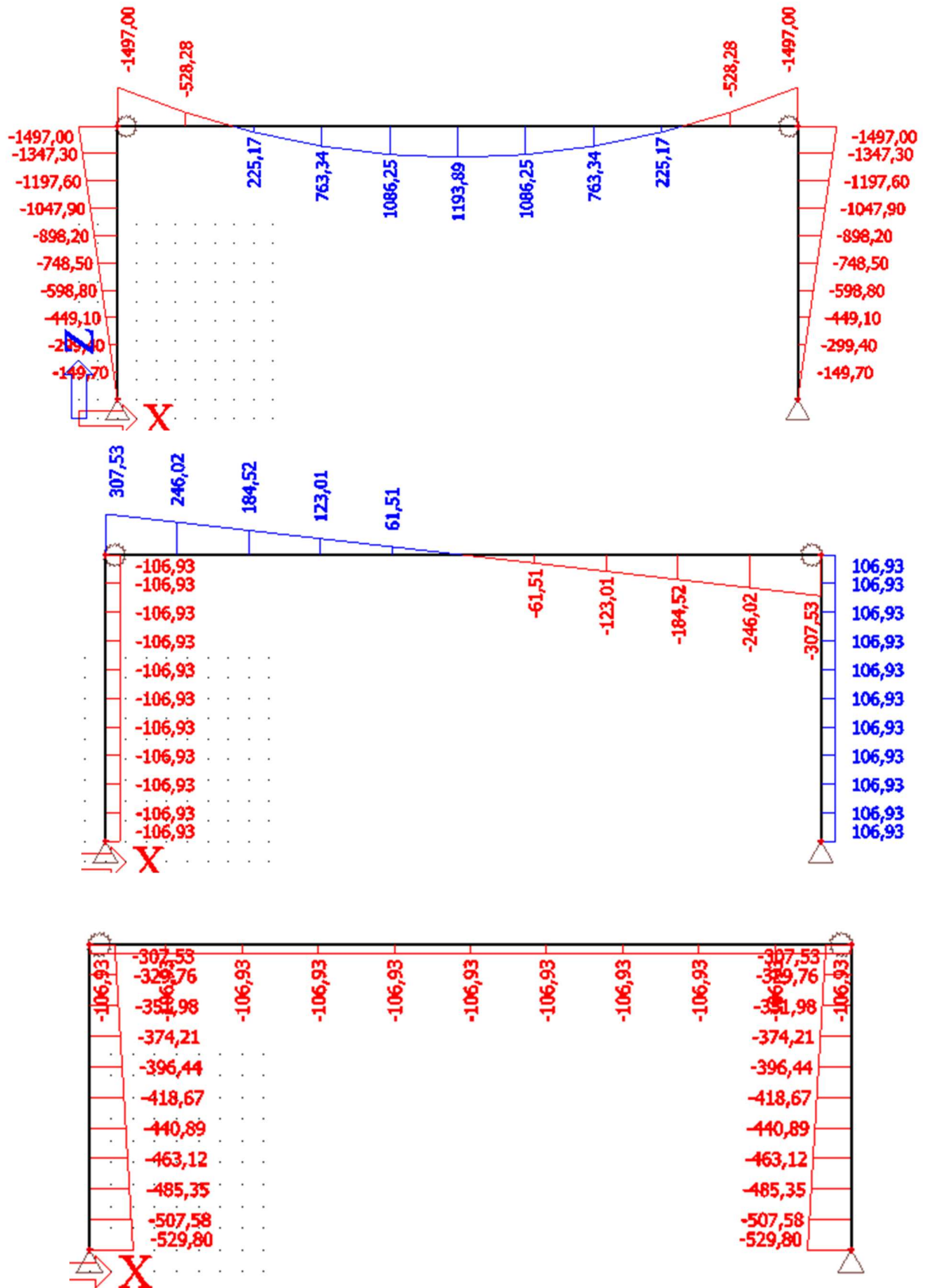


Zatížení sněh:

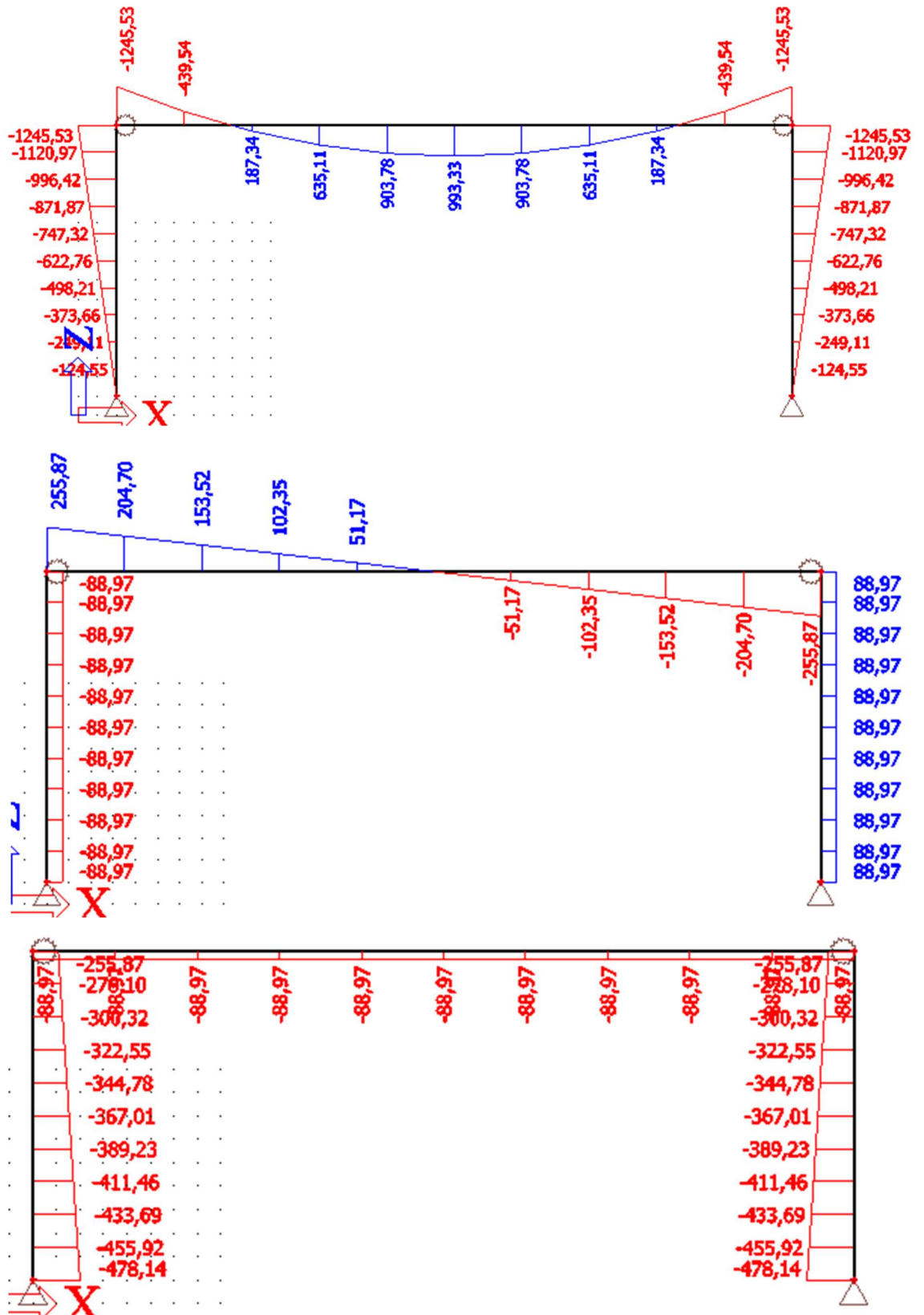


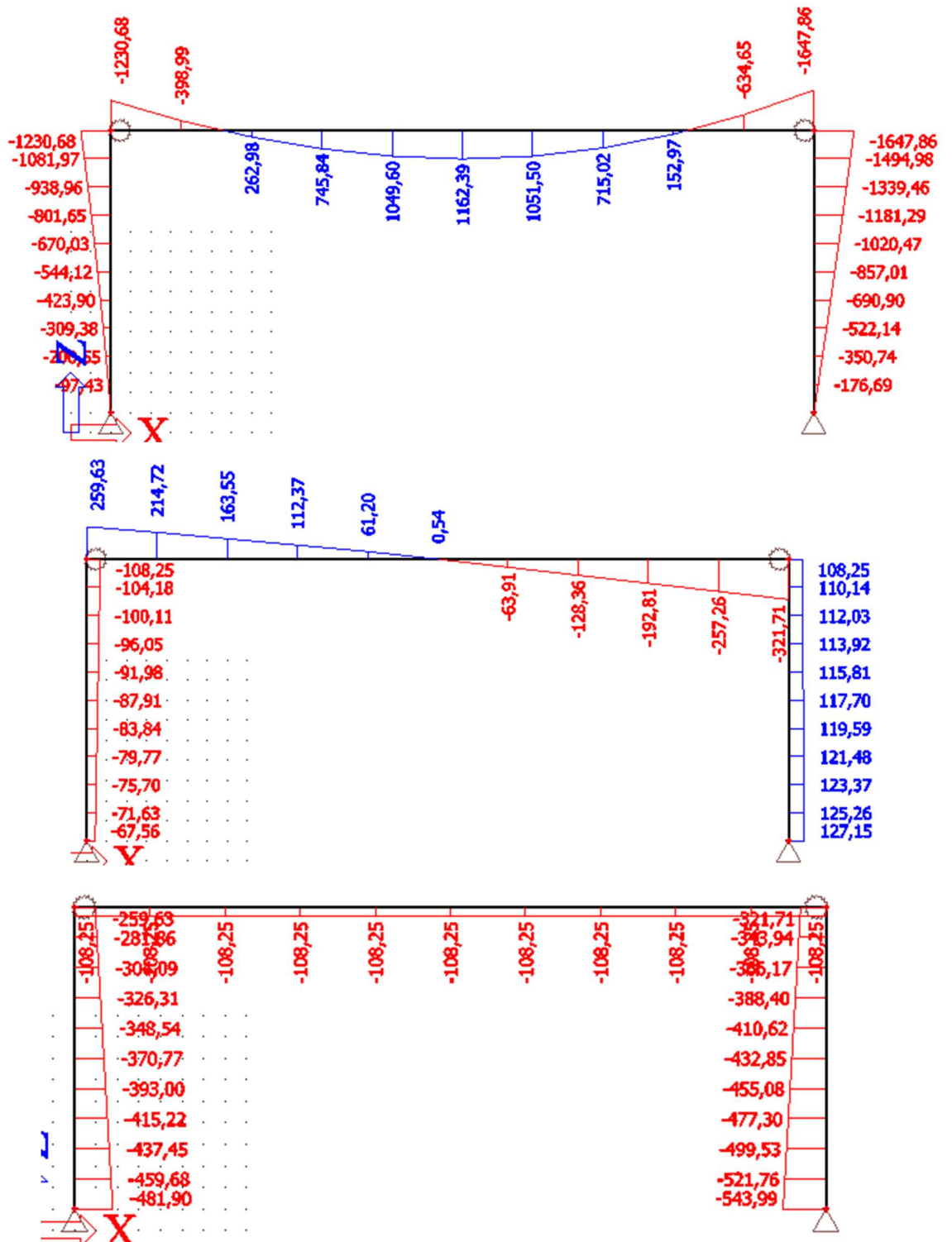
Výsledky kombinací

C01

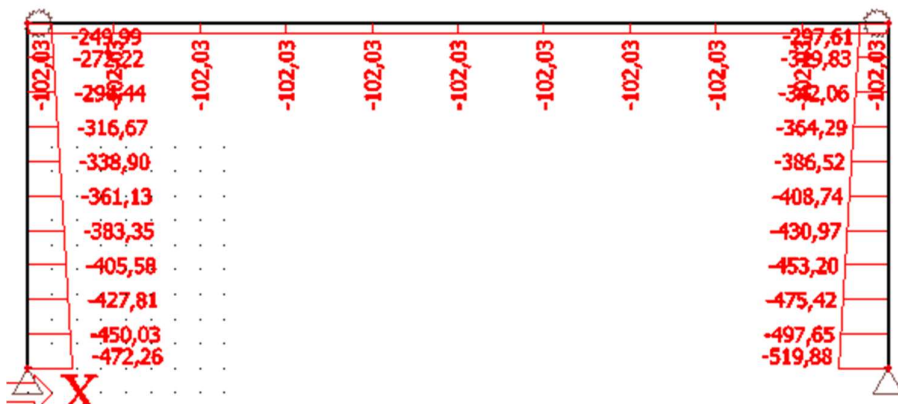
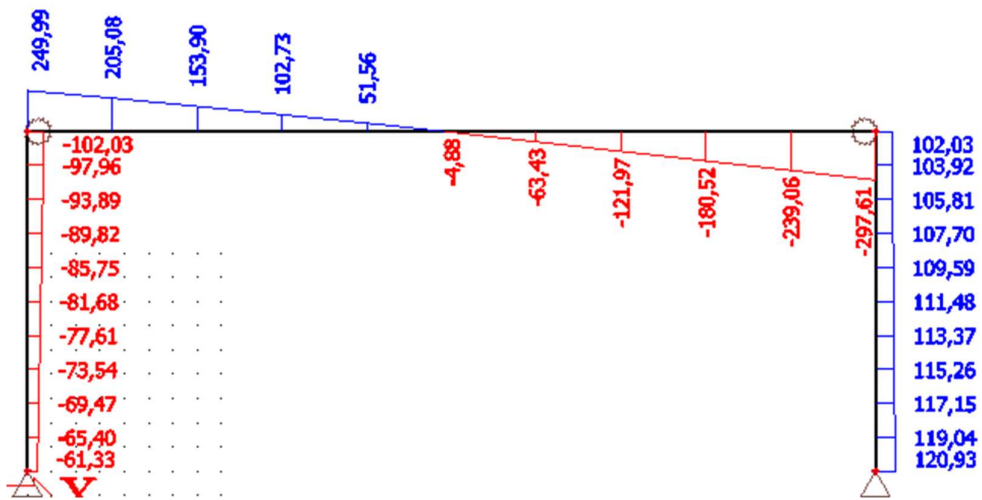
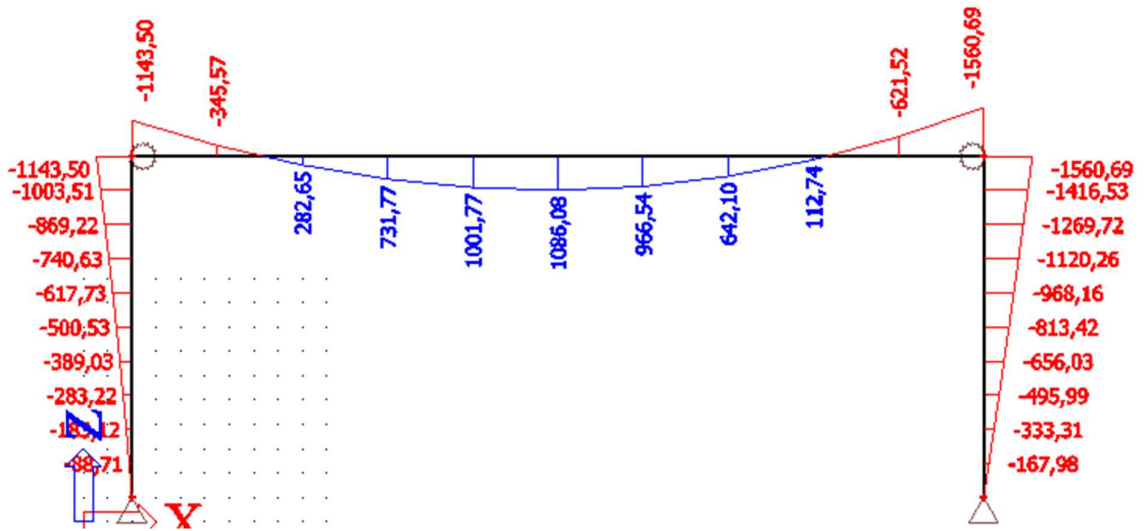


CO2

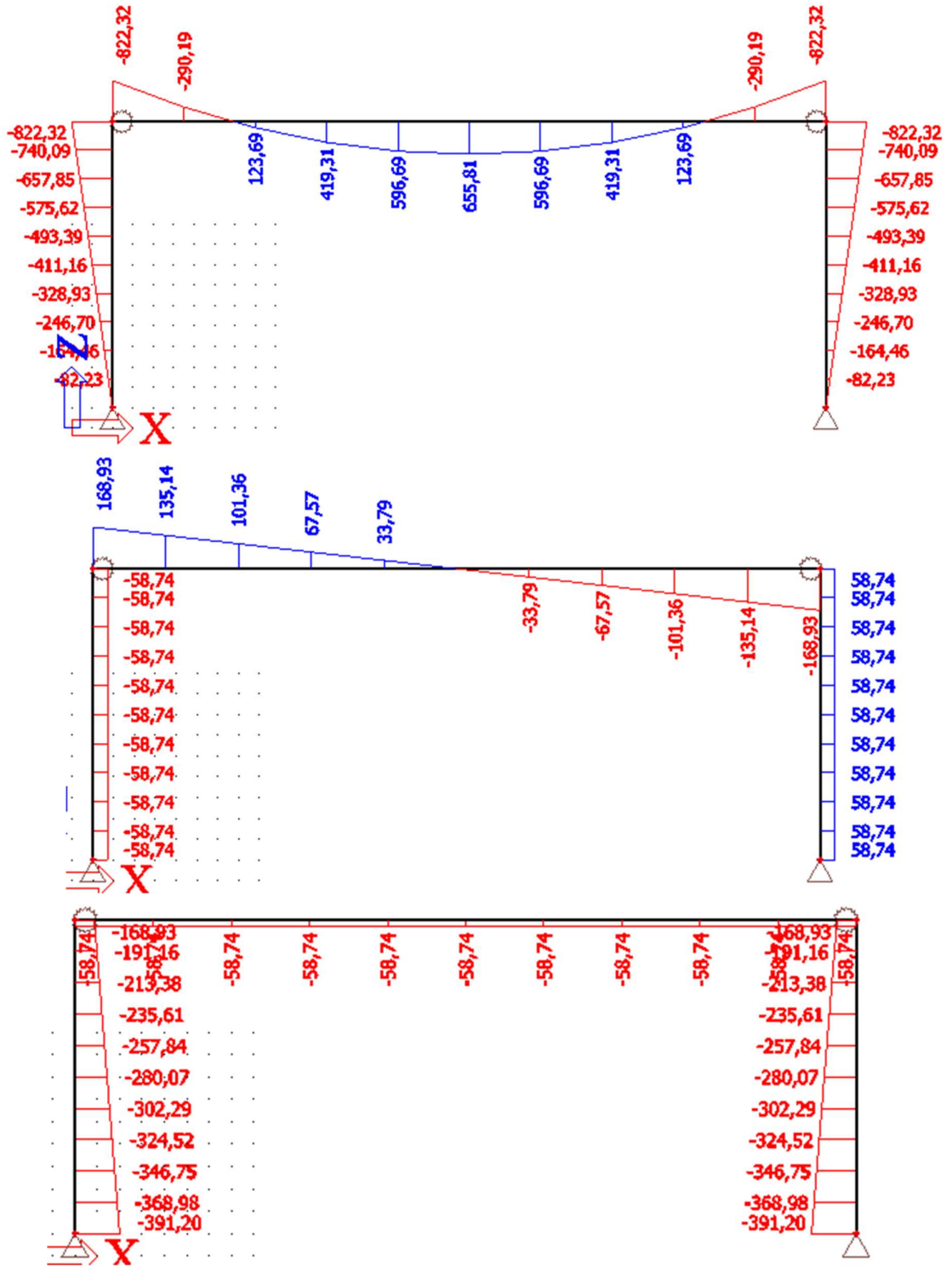




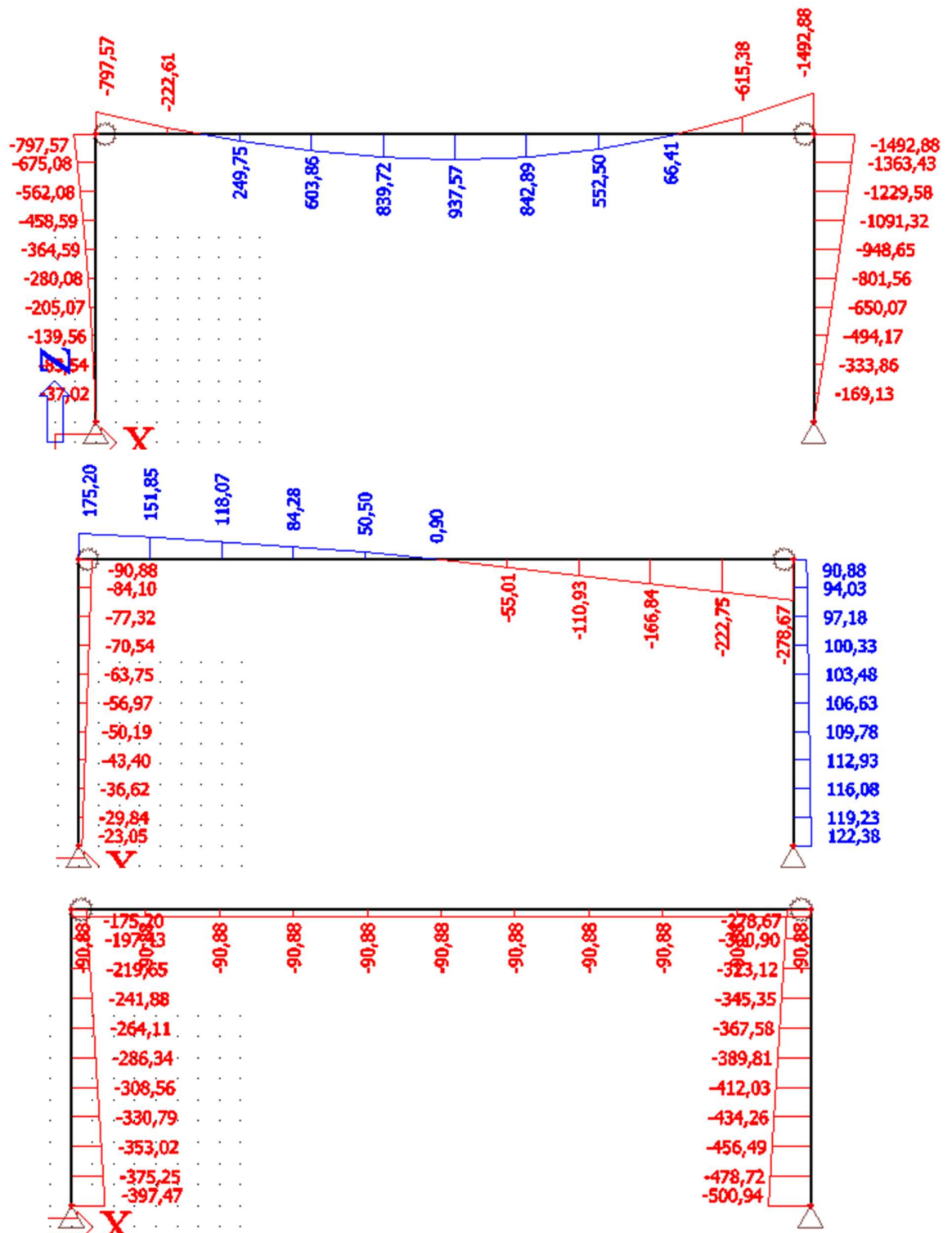
C04



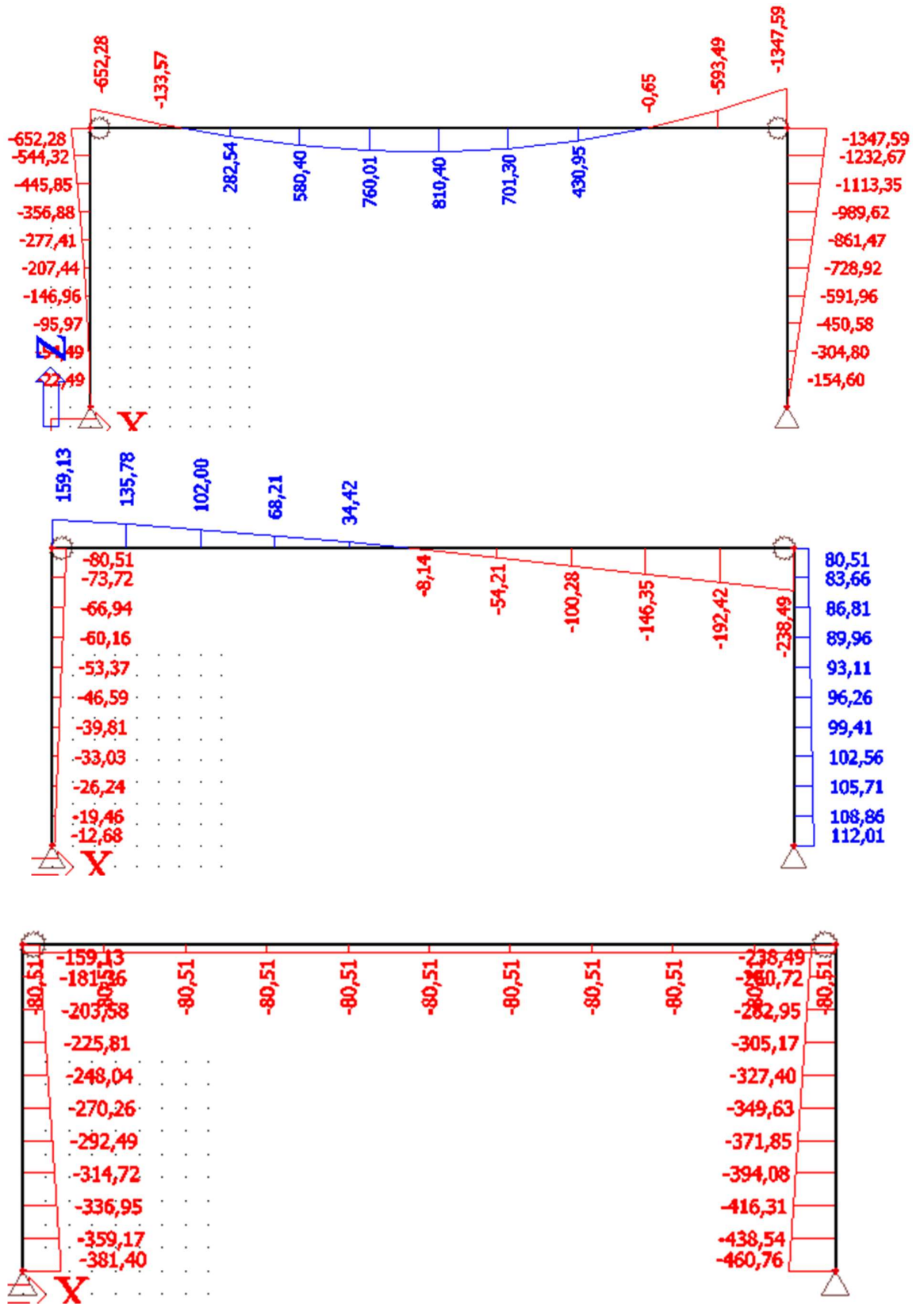
C05



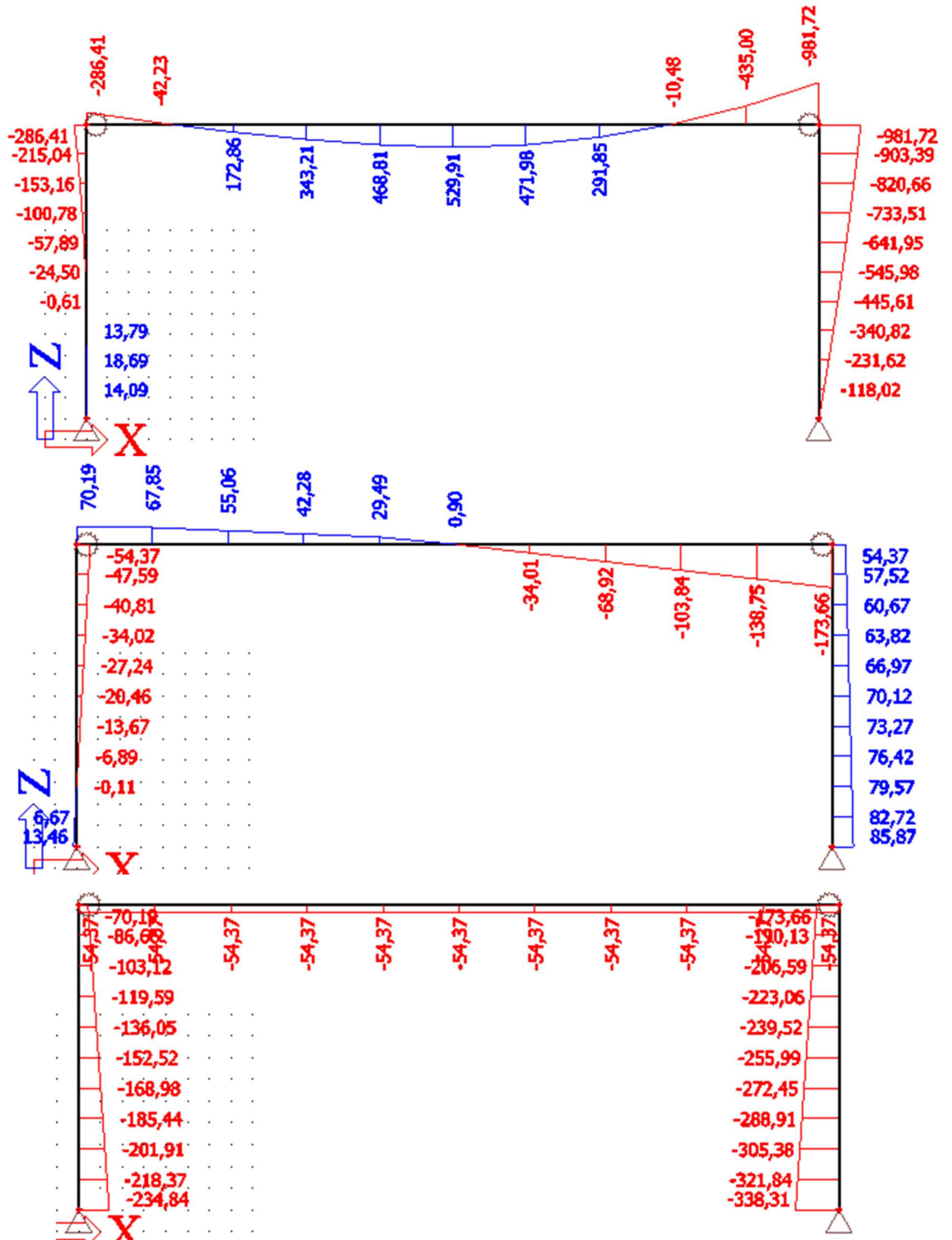
C06



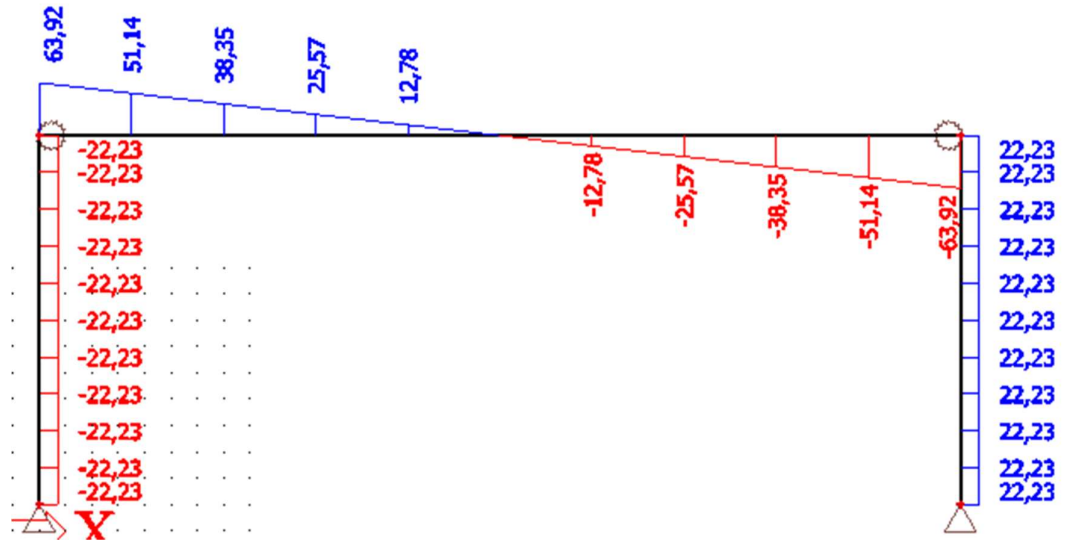
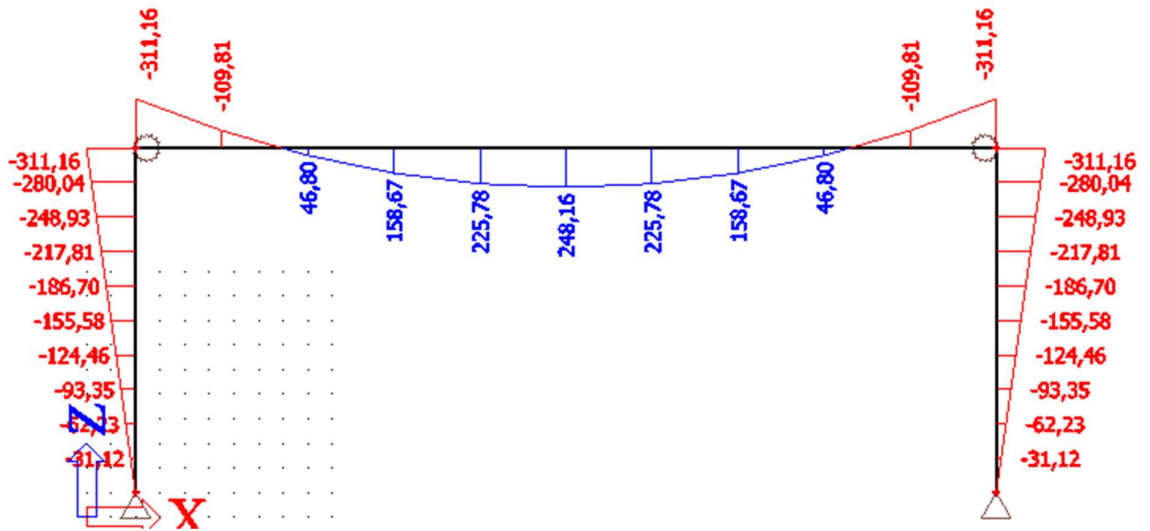
C07

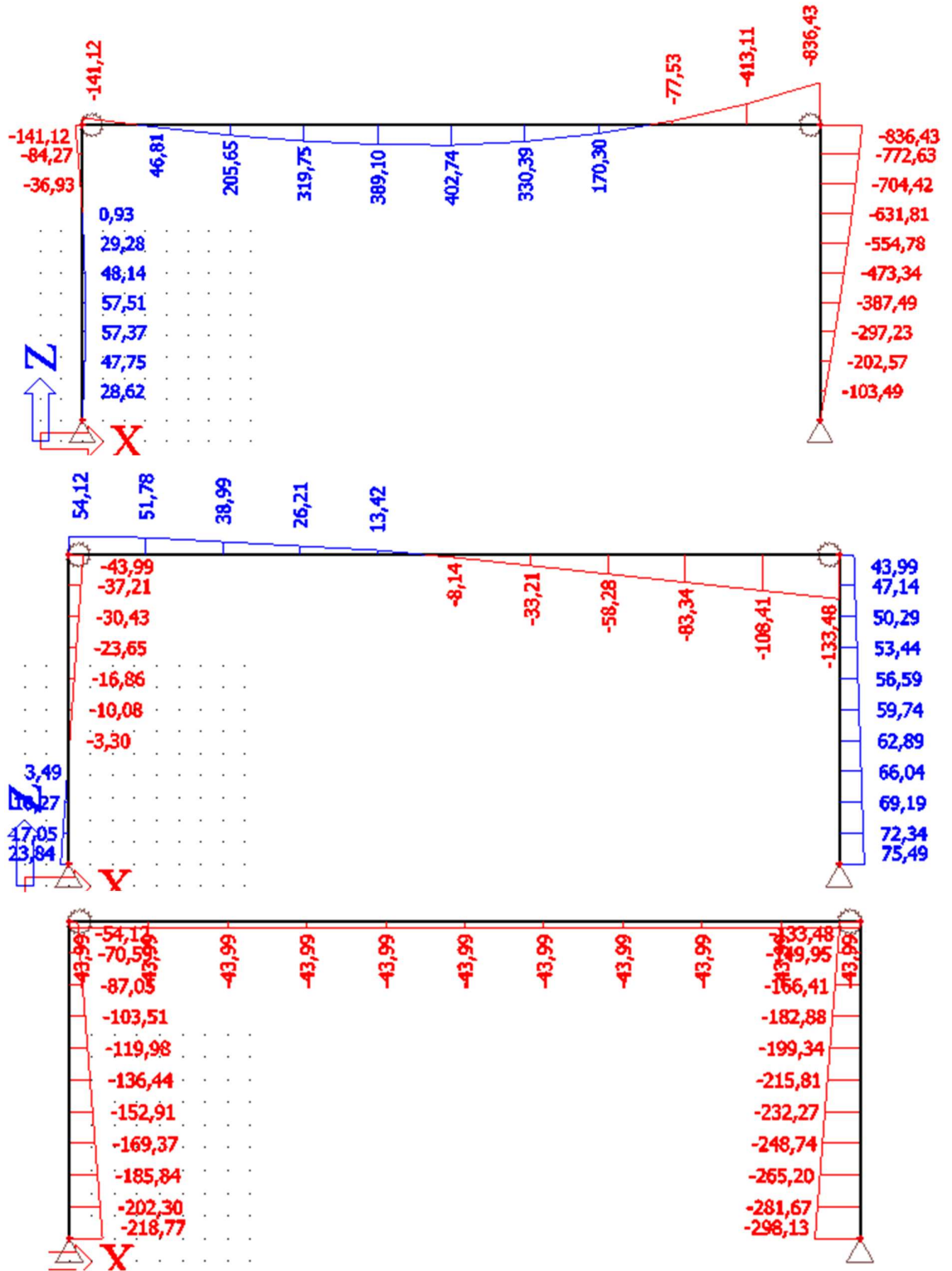


C08



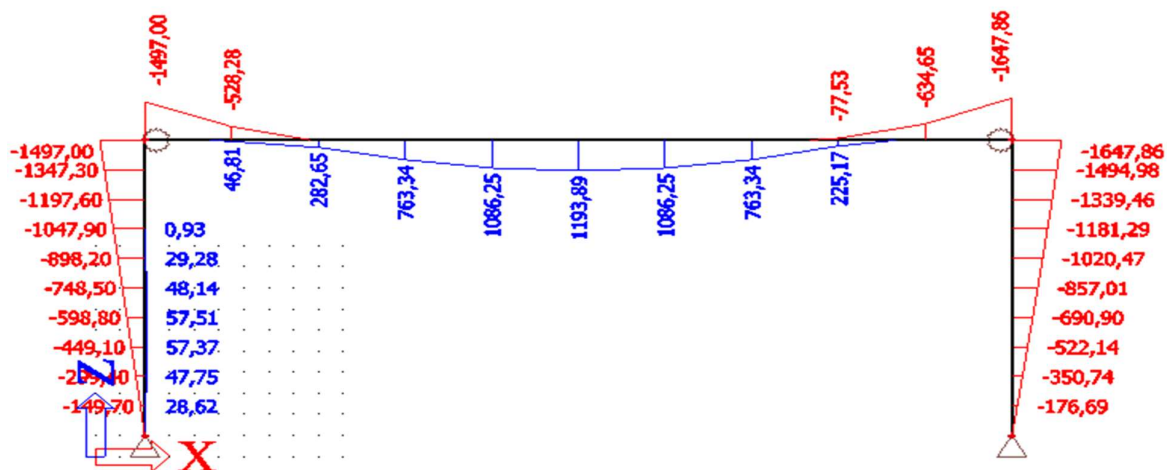
C09



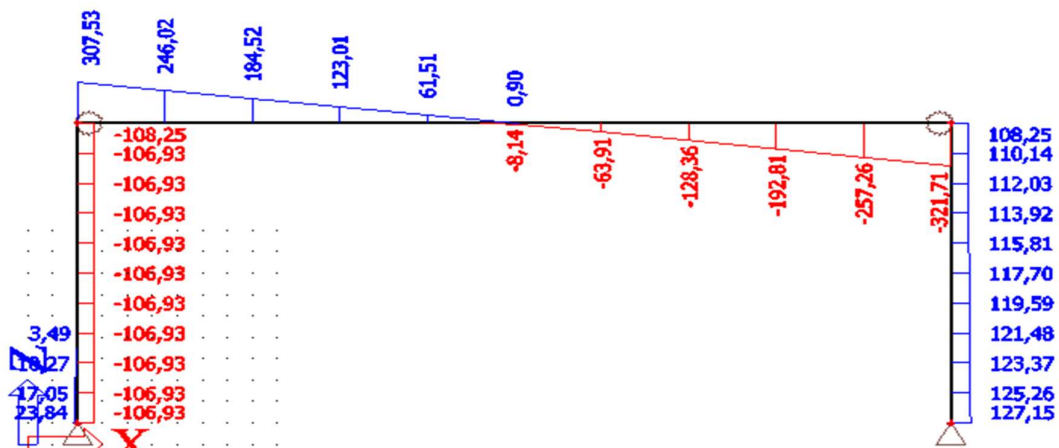


Výsledná obálka vnitřních sil

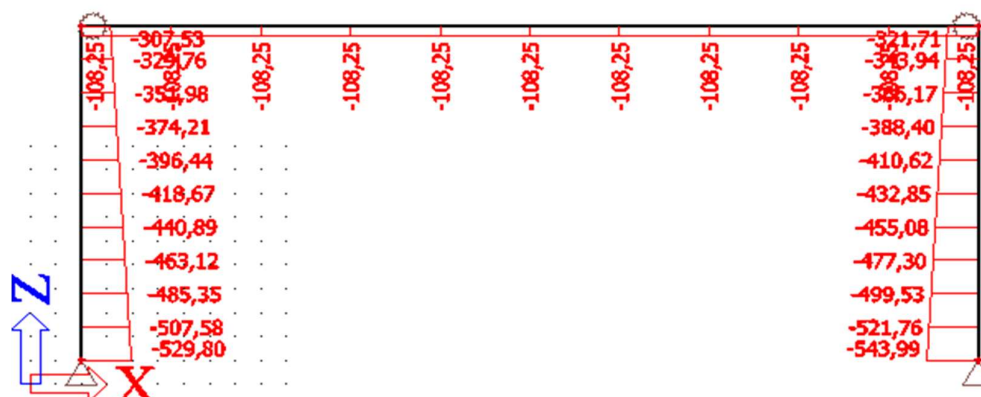
Obálka ohybových momentů (kNm):



Obálka posouvajících sil (kN):



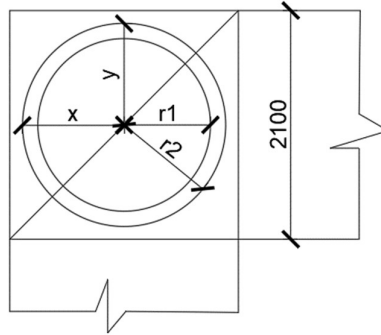
Obálka normálových sil (kN):



Výpočet tuhosti rámového rohu

Koeficienty:

Schéma:



$\rho_M=440\text{kg/m}^3$

d- ϕ kolíků
d=24mm

$r_2=950\text{mm}$ (z návrhu rámového rohu)
 $x=950\text{mm}$ (max horizontální vzdálenost)
 $y=950\text{mm}$ (max vertikální vzdálenost)
 $n_2=41$ kolíků (z návrhu rámového rohu)
 $r_1=830\text{mm}$ (z návrhu rámového rohu)
 $n_1=36$ kolíků (z návrhu rámového rohu)

$k_{def}=0,6$

$\Psi_2=0$

Radiální vzdálenost šroubu ke středu otáčení:

$$r_{max} = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{950^2 + 950^2} = 1344\text{mm}$$

Součet radiálních vzdáleností:

$$D = n_2 * r_{max}^2 + n_1 * r_1^2 = 41 * 1344^2 + 36 * 830^2 = 98860176\text{mm}^2$$

Modul skluzu:

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} * \frac{d}{23} = 440^{1,5} * \frac{24}{23} = 9304 \text{ N/mm}$$

Rotační tuhost:

dvojtřížný
 $n_{sp}=2$

$$k = n_{sp} * \frac{K_{ser} * D}{1 + \Psi_2 * k_{def}} = 2 * \frac{9304 * 98860176}{1 + 0 * 0,6} = 1839\text{MN /m}$$

*tuhost rámového rohu byla zadána do programu SCIA Engineer

Návrh a posouzení rámového rohu

Koeficienty:

Lep.Lam. Dřevo

GL32h

třída trvání zatížení:

střednědobé

třída provozu:1

$f_{m,g,k}=32$ MPa

$f_{v,g,k}=3,5$ MPa

$E_{0,g,mean}=14200$ MPa

$k_{mod}=0,8$

$Y_m=1,25$

$h=2100$ mm

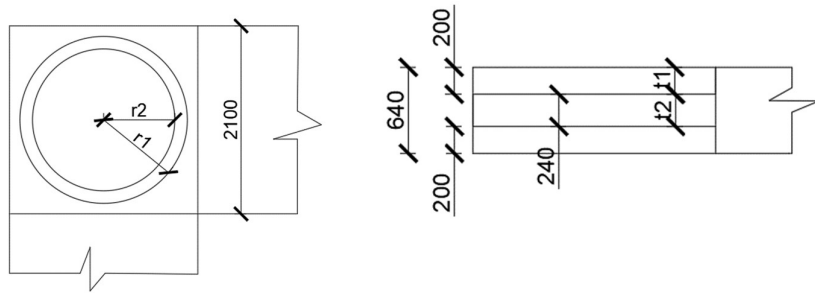
$\alpha=0^\circ$

spoj dvojitřizňý:

$t_1=200$ mm

$t_2=240$ mm

Schéma:



1. Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

2. Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{3,5}{1,25} = 2,24 \text{ MPa}$$

3. Vnitřní síly působící v rámovém rohu:

Příčle:

$M_d=1648$ kNm

$V_d=321,71$ kN

$N_d=108,25$ kN

Stojina:

$M_d=1648$ kNm

$V_d=108,25$ kN

$N_d=321,71$ kN

4. Spojovací prostředky:

Kolíky- Ocel S235 \varnothing 24mm (5.8) $f_{u,k}=500$ MPa

5. Návrh spoje:

Vnější kruh: $r_1 < 0,5h - 4*d = 0,5*2100 - 4*24 = 954$ mm

Vnitřní kruh: $r_2 < r_1 - 5*d = 954 - 5*24 = 834$ mm

$r_1=950$ mm

$r_2=830$ mm

6. Počet kolíků:

$$n_1 \leq \frac{2 * \pi * r_1}{6 * d} = \frac{2 * \pi * 950}{6 * 24} = 41,4 = 41 \text{ kolíků}$$

$$n_2 \leq \frac{2 * \pi * r_2}{6 * d} = \frac{2 * \pi * 830}{6 * 24} = 36,2 = 36 \text{ kolíků}$$

6. Zatížení kolíků:

Zatížení kolíků od momentu:

$$F_m = M_d * \frac{r_1}{n_1 * r_1^2 + n_2 * r_2^2} = 1648000000 * \frac{950}{41 * 950^2 + 36 * 830^2} = 25,3 \text{ kN}$$

Stojina:

Zatížení od normálové síly:

$$F_{N,c} = \frac{N_d}{n_1 + n_2} = \frac{321710}{41 + 36} = 4,2 \text{ kN}$$

Zatížení od posouvající síly:

$$F_{V,c} = \frac{V_d}{n_1 + n_2} = \frac{108250}{41 + 36} = 1,4 \text{ kN}$$

Příčel:

Zatížení od normálové síly:

$$F_{N,c} = \frac{N_d}{n_1 + n_2} = \frac{108250}{41 + 36} = 1,4 \text{ kN}$$

Zatížení od posouvající síly:

$$F_{V,c} = \frac{V_d}{n_1 + n_2} = \frac{321710}{41 + 36} = 4,2 \text{ kN}$$

7. Celkové zatížení kolíku:

Stojina:

$$F_{d,c} = \sqrt{(F_m + F_{V,c})^2 + F_{N,c}^2} = \sqrt{(25,3 + 1,4)^2 + 4,2^2} = 27,0 \text{ kN}$$

Příčel:

$$F_{d,c} = \sqrt{(F_m + F_{V,c})^2 + F_{N,c}^2} = \sqrt{(25,3 + 4,2)^2 + 1,4^2} = 29,5 \text{ kN}$$

8. Smyková síla v místě spoje:

$$V_M = \left(\frac{M_d}{\pi} * \frac{n_1 * r_1 + n_2 * r_2}{n_1 * r_1^2 + n_2 * r_2^2} \right) = \left(\frac{1648000000}{\pi} * \frac{41 * 950 + 36 * 830}{41 * 950^2 + 36 * 830^2} \right) = 584,219 \text{ kN}$$

Stojina:

$$F_{v,d,c} = V_M - \frac{V_{d,c}}{2} = 584,219 - \frac{108,25}{2} = 530,994 \text{ kN}$$

Příčel:

$$F_{v,d,c} = V_M - \frac{V_{d,c}}{2} = 584,219 - \frac{321,71}{2} = 423,364 \text{ kN}$$

9. Vlastnosti kolíků:

pevnost v otlačení rovnoběžně s vlákny:

$$P_k=440$$

$$d=24\text{mm}$$

$$f_{h,0,k} = 0,82 * (1 - 0,01 * d) * P_k = \\ 0,082 * (1 - 0,01 * 24) * 440 = 27,40\text{MPa}$$

Únosnost kolíků v ose stojiny:

Úhel mezi zatížením a vlákny dřeva:

$$\alpha=0^\circ$$

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{F_m + F_{V,c}}{F_{N,c}}\right) = \arctg\left(\frac{25,3 + 1,4}{4,2}\right) = 82,8^\circ$$

$$\alpha_2 = \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right) = 0 - \left(\frac{180}{2} - 82,8\right) = -7,2^\circ$$

Pevnost v otlačení:

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 24 = 1,71$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin(\alpha_1)^2 + \cos(\alpha_1)^2} = \\ = \frac{27,4}{1,71 * \sin(82,8)^2 + \cos(82,8)^2} = 15,8\text{MPa}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin(\alpha_2)^2 + \cos(\alpha_2)^2} = \\ = \frac{27,4}{1,71 * \sin(-7,2)^2 + \cos(-7,2)^2} = 26,5\text{MPa}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{26,5}{15,8} = 1,67$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,R,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 24^{2,6} = 0,581\text{kNm}$$

Únosnost kolíku:

$$F_{v,R,k,C} = \min \left[\begin{array}{l} f_{h,1,k} * t_1 * d \\ 0,5 * f_{h,2,k} * t_2 * d \\ 1,05 * \frac{f_{h,1,k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{y,R,k}}{f_{h,1,k} * t_1^2 * d}} - \beta \right) + \left(\frac{F_{ax,R,k}}{4} \right) \\ 1,15 * \sqrt{\frac{2 * \beta}{(1 + \beta)}} * \sqrt{2 * M_{y,R,k} * f_{h,1,k} * d} \end{array} \right]$$

spoj dvojstřížný:

$t_1=200\text{mm}$

$t_2=240\text{mm}$

$F_{ax,R,k}=0$

sepnutí spoje

neuvažují

$d=24\text{mm}$

$$F_{v,R,k,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} 15,8 * 200 * 24 \\ 0,5 * 26,5 * 240 * 24 \\ 1,05 * \frac{15,8 * 200 * 24}{2 + 1,67} * \left(\sqrt{2 * 1,67 * (1 + 1,67) + \frac{4 * 1,67 * (2 + 1,67) * 581000}{15,8 * 200^2 * 24}} - 1,67 \right) \\ 1,15 * \sqrt{\frac{2 * 1,67}{(1 + 1,67)}} * \sqrt{2 * 581000 * 15,8 * 24} \end{array} \right.$$

$$F_{v,R,k,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} 76\text{kN} \\ 76,3\text{kN} \\ 32\text{kN} \\ 27\text{kN} \end{array} \right.$$

$$F_{v,R,k,C} = 27\text{kN}$$

Návrhová únosnost:

$$F_{v,R,d,C} = k_{mod} * \frac{F_{v,R,k,C}}{Y_m} = 0,8 * \frac{27}{1,25} = 17,3\text{kN}$$

$$\alpha = 0^\circ$$

Únosnost kolíků v ose přičle:

Úhel mezi zatížením a vlákny dřeva:

$$\alpha_2 = \arctg\left(\frac{F_m + F_{V,c}}{F_{N,c}}\right) = \arctg\left(\frac{25,3 + 4,2}{1,4}\right) = 87,8^\circ$$

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} + \alpha - \alpha_2 = \frac{180}{2} + 0 - 87,8 = 2,2^\circ$$

Pevnost v otláčení:

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d = 1,35 + 0,015 * 24 = 1,71$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin(\alpha_1)^2 + \cos(\alpha_1)^2} = \frac{27,4}{1,71 * \sin(2,2)^2 + \cos(2,2)^2} = 23,6 \text{ MPa}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin(\alpha_2)^2 + \cos(\alpha_2)^2} = \frac{27,4}{1,71 * \sin(87,8)^2 + \cos(87,8)^2} = 13,9 \text{ MPa}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{13,9}{23,6} = 0,59$$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,R,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 24^{2,6} = 0,581 \text{ kNm}$$

Únosnost kolíku:

$$F_{v,R,k,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} * t_1 * d \\ 0,5 * f_{h,2,k} * t_2 * d \\ 1,05 * \frac{f_{h,1,k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{y,R,k}}{f_{h,1,k} * t_1^2 * d}} - \beta \right) + \left(\frac{F_{ax,R,k}}{4} \right) \\ 1,15 * \sqrt{\frac{2 * \beta}{(1 + \beta)}} * \sqrt{2 * M_{y,R,k} * f_{h,1,k} * d} \end{array} \right.$$

spoj dvojstřížný:

$t_1=200\text{mm}$

$t_2=240\text{mm}$

$F_{ax,R,k}=0$

sepnutí spoje

neuvažují

$d=24\text{mm}$

$$F_{v,R,k,C} = \min \left[\begin{array}{l} 23,6 * 200 * 24 \\ 0,5 * 13,9 * 240 * 24 \\ 1,05 * \frac{23,6 * 200 * 24}{2 + 0,59} * \left(\sqrt{2 * 0,59 * (1 + 0,59) + \frac{4 * 0,59 * (2 + 0,59) * 581000}{23,6 * 200^2 * 24}} - 0,59 \right) \\ 1,15 * \sqrt{\frac{2 * 0,59}{(1 + 0,59)}} * \sqrt{2 * 581000 * 23,6 * 24} \end{array} \right]$$

$$F_{v,R,k,C} = \min \left[\begin{array}{l} 113\text{kN} \\ 40\text{kN} \\ 38\text{kN} \\ 25,42\text{kN} \end{array} \right]$$

$$F_{v,R,k,C} = 25,42\text{kN}$$

Návrhová únosnost:

$$F_{v,R,d,C} = k_{mod} * \frac{F_{v,R,k,C}}{Y_m} = 0,8 * \frac{25,42}{1,25} = 16,3\text{kN}$$

Posouzení spoje příčle a stojiny:

Stojina:

$$F_{d,c} \leq 2 * F_{v,R,d,c}$$

$$27 \leq 2 * 17,3$$

$$27 \leq 34,6 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Příčle:

$$F_{d,c} \leq 2 * F_{v,R,d,c}$$

$$29,5 \leq 2 * 16,3$$

$$29,5 \leq 32,6 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Posouzení smyku příčle a stojiny:

Stojina:

$$f_{v,g,d} = 2,24 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,c} \leq f_{v,g,d}$$

$$F_{v,d,c} = 530,094 \text{ kN}$$

$$\tau_{v,c} = \frac{3}{2} * \frac{F_{v,d,c}}{b * h} = \frac{3}{2} * \frac{530094}{2100 * 640} = 0,59 \text{ MPa}$$

$$0,59 \leq 2,24 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Příčle:

$$\tau_{v,c} \leq f_{v,g,d}$$

$$F_{v,d,c} = 423,364 \text{ kN}$$

$$\tau_{v,c} = \frac{3}{2} * \frac{F_{v,d,c}}{b * h} = \frac{3}{2} * \frac{423364}{2100 * 240} = 1,26 \text{ MPa}$$

$$1,26 \leq 2,24 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Návrhuji spoj s kolíky o průměru 24mm celkem 77 kusů.

Návrh a posouzení příčle rámu

Koeficienty:

dřevo: GL32h

třída provozu: 1

zatížení: střednědobé

$k_{mod}=0,8$

$f_{m,g,k}=32 \text{ MPa}$

$f_{v,g,k}=3,5 \text{ MPa}$

$E_{0,g,mean}=14200 \text{ MPa}$

$Y_m=1,25$

Průřez:

$h_p=2100 \text{ mm}$

$b=240 \text{ mm}$

$A=504000 \text{ mm}^2$

$I_y=1,8522 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$

$I_z=2419200000 \text{ mm}^4$

$W_y=176400000 \text{ mm}^3$

$W_z=20160000 \text{ mm}^3$

Vnitřní síly:

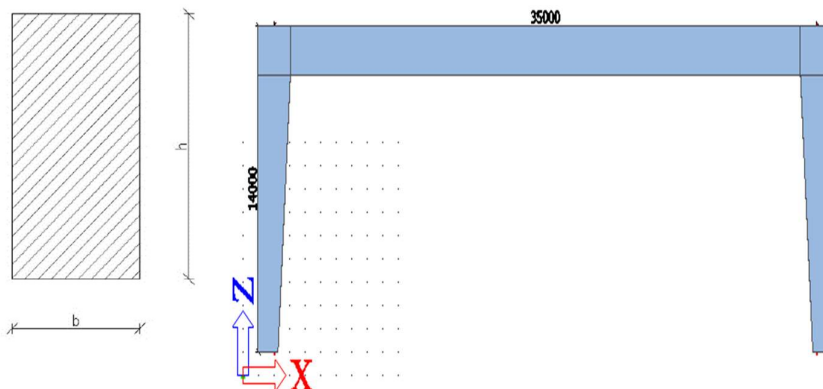
$M_y=1647,86 \text{ kNm}$

$V_z=321,71 \text{ kN}$

$N_d=108,25 \text{ kN}$

Výpočet: Příčel rámu

Schéma:



Mezní stav únosnosti:

Ohyb:

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{Y_m} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

Výpočet normálových napětí od ohybu:

$$\sigma_d = \frac{Md}{Wy} = \frac{1647860000}{176400000} = 9,4 \text{ MPa}$$

Posouzení na ohyb:

$$\sigma_d \leq f_{m,g,d}$$

$$9,4 \leq 20,48 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Smyk:

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{3,5}{1,25} = 2,24 \text{ MPa}$$

$k_{cr}=0,67$

Účinná šířka průřezu:

$$b_{eff}=k_{cr} * b=0,67 * 240=160,8 \text{ mm}$$

Smykové napětí:

$A_{eff}=337680 \text{ mm}^2$

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{A_{eff}} = \frac{3}{2} * \frac{321710}{337680} = 1,43 \text{ MPa}$$

Posouzení smyku:

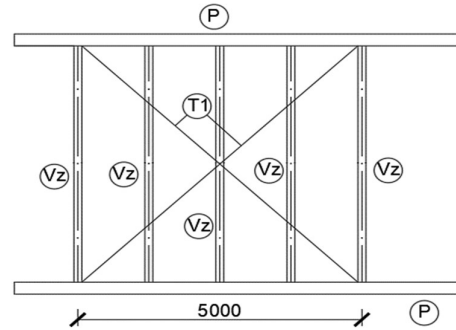
$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$1,43 \leq 2,24 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$E_{0,g,05}=11800\text{MPa}$

Klopení:



P-příčel rámu

Vz-vaznice

T1-střešní táhla

Horní pás vazníku je proti vybočení zajištěn po pěti metrech pomocí táhel a tlačných vaznic.

$L_{eff}=5\text{m}$

Kritické napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * E_{0,g,05} * b^2}{h * L_{eff}} = \frac{0,78 * 11800 * 240^2}{2100 * 5000} = 50,49 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,g,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{32}{50,49}} = 0,79$$

Součinitel příčné torzní stability:

$$\lambda_{rel,m}=1,4 > 0,79 > 0,75 \rightarrow k_{crit}=1,56-0,75 * \lambda_{rel,m}$$

$$k_{crit}=0,96$$

Návrhová pevnost:

$$f_{m,g,d,red}=k_{crit} * f_{m,g,d}=0,96 * 20,48=19,66 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\sigma_d < f_{m,g,d,red}$$

$$9,4 < 19,66 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Mezní stav použitelnosti:

Okamžitý průhyb:

Stálé+vl. Tíha: 36,3mm

Sníh: 13,1mm

vítr nepříznivý: 3,1mm

$$W_{inst} = W_{inst,Gc} + W_{inst,s} + W_{inst,w} = 52,5 \text{ mm}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst} < W_{lim} = l/300 = 116,6 \text{ mm}$$

$$52,5 < 116,6 \text{ mm}$$

Vyhovuje

L=35000mm

$k_{def}=0,6$

$\Psi_2=0$

Konečný průhyb:

$$W_{net,fin} = (W_{inst,G}) * (1 + k_{def}) + W_{inst,s0} * (1 + k_{def} * \Psi_2) + W_{inst,w} * (1 + k_{def} * \Psi_2)$$

$$W_{net,fin} = 36,3 * (1 + 0,6) + 13,1 * (1 + 0) + 3,1 * (1 + 0)$$

$$W_{net,fin} = 74,28 \text{ mm}$$

Posouzení konečného průhybu:

$$W_{net,fin} < W_{L/250}$$

$$74,28 < 140 \text{ mm}$$

Vyhovuje

**hodnoty průhybu získány z programu SCIA Engineer*

Navrhují příčel rámu 240*2100mm

Návrh a posouzení stojiny rámu

Posouzení v rámovém rohu

Koeficienty:

Materiál:

lep.lam. Dřevo: GL32h

Třída trvání zatížení:
střednědobé

Třída provozu: 1

Parametry:

$k_{mod}=0,8$

$f_{m,g,k}=32 \text{ MPa}$

$f_{v,g,k}=3,5 \text{ MPa}$

$E_{0,g,mean}=14200 \text{ MPa}$

$Y_m=1,25$

$f_{c,0,g,k}=32 \text{ MPa}$

$E_{0,g,05}=11800 \text{ Mpa}$

$I_y=4,9392 \cdot 10^{11}$

$A=1344000 \text{ mm}^2$

$W_y=470400000 \text{ mm}^3$

$b=640 \text{ mm}$

$h=2100 \text{ mm}$

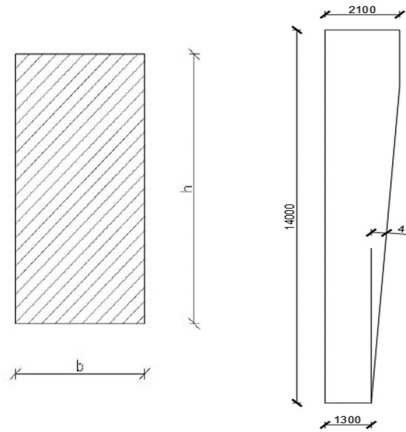
$N_d=321,71 \text{ kN}$

$M_d=1647,86 \text{ kN/m}$

$V_d=108,25 \text{ kN}$

$N_{sd}=543,99 \text{ kN}$

Schéma:



Návrhové pevnosti:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{3,5}{1,25} = 2,24 \text{ MPa}$$

Výpočet kritické síly:

$$N_{cr} = k * N_{sd}$$

k - koeficient stability, získán v programu SCIA Engineer



$k=59,48$

$$N_{cr} = 59,48 * 543,99 = 32365 \text{ kN}$$

Normálové napětí od tlaku a ohybu:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{321710}{1344000} = 0,24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,m,d} = \frac{M}{W} = \frac{1647860000}{470400000} = 3,5 \text{ MPa}$$

Relativní štíhlost:

A=1344000mm²

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{A * f_{c,0,g,k}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1344000 * 32}{32365000}} = 1,1$$

β_c=0,1

7. Součinitel vzpěru:

$$k = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{c,rel} - 0,3) + \lambda_{c,rel}^2)$$

$$k = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,1 - 0,3) + 1,1^2)$$

$$k = 1,2$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{1,2 + \sqrt{1,2^2 - 1,1^2}} = 0,6$$

Vliv seříznutí lamel:

α=4°

$$k_{m\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,g,d}}{1,5 * f_{v,g,d}} * \tan(\alpha)^2\right) + \left(\frac{f_{m,g,d}}{f_{c,90,g,d}} * \tan(\alpha)^2\right)^2}}$$

f_{c,90,g,d}=1,6 Mpa

$$k_{m\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{20,48}{1,5 * 2,24} * \tan(4)^2\right) + \left(\frac{20,48}{1,6} * \tan(4)^2\right)^2}}$$

$$k_{m\alpha} = 0,98$$

Posouzení na tlak a ohyb:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_{m\alpha} * f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,24}{0,6 * 20,48} + \frac{3,5}{0,98 * 20,48} \leq 1$$

$$0,23 \leq 1$$

Vyhovuje

$$b_{eff} = k_{cr} * b$$
$$b_{eff} = 0,67 * 640$$
$$b_{eff} = 429 \text{ mm}$$

Posouzení na smyk:

Učinná plocha průřezu:

$$A_{eff} = b_{eff} * h = 429 * 2100 = 900900 \text{ mm}^2$$

Výpočet smykového napětí:

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{A_{eff}} = \frac{3}{2} * \frac{108250}{900900} = 0,18 \text{ MPa}$$

Posouzení smyku:

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$0,18 \leq 2,24 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Koeficienty:

Materiál:

lep.lam. Dřevo: GL32h

Třída trvání zatížení:

střednědobé

Třída provozu: 1

Parametry:

$k_{mod}=0,8$

$f_{m,g,k}=32 \text{ MPa}$

$f_{v,g,k}=3,5 \text{ MPa}$

$E_{0,g,mean}=14200 \text{ MPa}$

$Y_m=1,25$

$f_{c,0,g,k}=32 \text{ MPa}$

$E_{0,g,05}=11800 \text{ MPa}$

$I_y=1,1717 \cdot 10^{11}$

$A=832000 \text{ mm}^2$

$W_y=180266666,7 \text{ mm}^3$

$b=640 \text{ mm}$

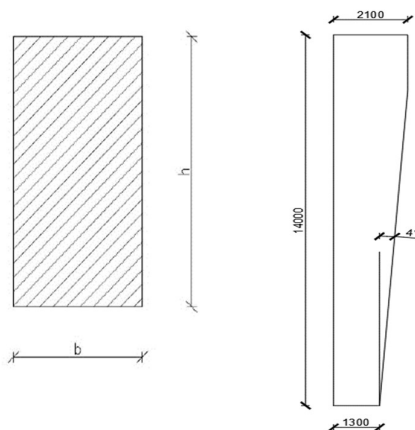
$h=1300 \text{ mm}$

$N_d=543,99 \text{ kN}$

$V_d=127,15 \text{ kN}$

Posouzení v patě sloupu

Schéma:



Návrhové pevnosti:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{3,5}{1,25} = 2,24 \text{ MPa}$$

Výpočet kritické síly:

$$N_{cr} = k * N_{sd}$$

k - koeficient stability, získán v programu SCIA Engineer



$k=59,48$

$$N_{cr} = 59,48 * 543,99 = 32365 \text{ kN}$$

Normálové napětí od tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{543990}{832000} = 0,65 \text{ MPa}$$

$$A=832000\text{mm}^2$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{A * f_{c,0,g,k}}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{832000 * 32}{32365000}} = 0,9$$

Součinitel vzpěru:

$$k=0,5*(1+\beta_c*(\lambda_{c,rel}-0,3)+\lambda_{c,rel}^2)$$

$$\beta_c=0,1$$

$$k=0,5*(1+0,1*(0,9-0,3)+0,9^2)$$

$$k=0,93$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{0,93 + \sqrt{0,93^2 - 0,9^2}} = 0,85$$

Posouzení na tlak:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} \leq 1$$
$$\frac{0,65}{0,85 * 20,48} \leq 1$$
$$0,163 \leq 1$$

Vyhovuje

Posouzení na smyk:

$$b_{eff}=k_{cr}*b$$

$$b_{eff}=0,67*640$$

$$b_{eff}=429\text{mm}$$

Učinná plocha průřezu:

$$A_{eff}=b_{eff}*h=429*1300=557700\text{mm}^2$$

Výpočet smykového napětí:

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{A_{eff}} = \frac{3}{2} * \frac{127150}{557700} = 0,34 \text{ MPa}$$

Posouzení smyku:

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$0,34 \leq 2,24 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Navrhuji stojinu 640*2100mm.

Návrh a posouzení patního kloubu

Koeficienty:

Lep. Lam dřevo:
GL32h

třída trvání zatížení:
střednědobé
třída provozu: 1

$k_{mod}=0,8$
 $f_{m,g,k}=32 \text{ MPa}$
 $f_{v,g,k}=3,5 \text{ MPa}$
 $E_{0,g,mean}=14200 \text{ MPa}$
 $Y_m=1,25$
 $f_{c,0,g,k}=32 \text{ MPa}$
 $E_{0,g,05}=11800 \text{ MPa}$

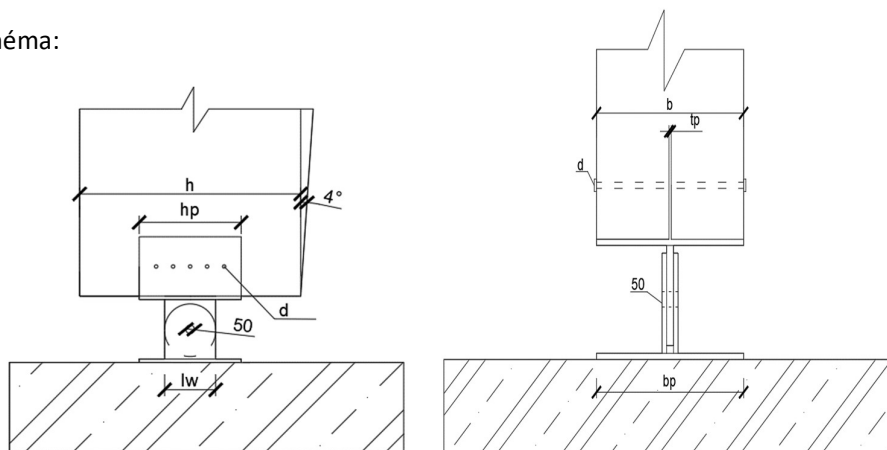
Rám:
 $h=1300 \text{ mm}$
 $b=640 \text{ mm}$

$b_{eff}=k_{cr} \cdot b$
 $b_{eff}=0,67 \cdot 640$
 $b_{eff}=428,8 \text{ mm}$
 $A_{eff}=428,8 \cdot 1300$
 $A_{eff}=557440 \text{ mm}^2$

$h_p=600 \text{ mm}$
 $b_p=640 \text{ mm}$

$A_{effp}=h_p \cdot b_p$
 $A_{effp}=600 \cdot 640$
 $A_{effp}=384000 \text{ mm}^2$

Schéma:



Výpočet:

Návrhové pevnosti:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{y_M} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{y_M} = 0,8 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,24 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,g,k}}{y_M} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

Působící vnitřní síly:

$V_d = 127,15 \text{ kN}$

$N_{dtlak} = 543,99 \text{ kN}$

Posouzení smyku:

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{eff}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{127150}{557440} = 0,35 \text{ MPa}$$

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$0,35 \leq 2,24 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Posouzení tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed,tlak}}{A_{effp}} = \frac{543990}{384000} = 1,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,g,d}$$

$$1,42 \leq 20,48 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Spojovací prostředek
 d=20mm
 fu=500 MPa
 t=10mm
 t1=315mm
 Pk= 440 kg/m³

Posouzení na smyk -spojovací prostředky (dvoustřížné):

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 20^{2,6} = 362050 \text{ Nmm}$$

Charakteristická pevnost v otlacení:

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * P_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 440 = 28,8 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,3 + 0,015 * d = 1,3 + 0,015 * 20 = 1,6$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin(\alpha)^2 * \cos(\alpha)^2} = \frac{28,8}{1,6 * \sin(90)^2 * \cos(90)^2} = 18 \text{ MPa}$$

α=90°

Charakteristická únosnost:

$$F_{v,R} = \min \left[\begin{array}{l} f_{h,90,k} * t_1 * d \\ \left(2,3 * \sqrt{M_{y,r,k} * f_{h,90,k} * d} \right) + \frac{F_{ax,R,k}}{4} \\ f_{h,90,k} * t_1 * d * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,R,k}}{f_{h,90,k} * t_1^2 * d} - 1} \right) + \frac{F_{ax,R,k}}{4} \end{array} \right]$$

F_{ax,R,k}=0
 neuvažují sepnutí

spoje

$$F_{v,R} = \min \left[\begin{array}{l} 18 * 315 * 20 \\ \left(2,3 * \sqrt{362050 * 18 * 20} \right) \\ 18 * 315 * 20 * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * 362050}{18 * 315^2 * 20} - 1} \right) \end{array} \right]$$

$$F_{v,R} = \min = \left[\begin{array}{l} 113 \text{ kN} \\ 26 \text{ kN} \\ 115 \text{ kN} \end{array} \right]$$

Charakteristická únosnost svorníků:

n=5

$$F_{v,R,k} = 2 * n * F_{v,R} = 2 * 5 * 26 = 260 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost svorníků:

Y_m=1,3

k_{mod}=0,9

$$F_{v,R,d} = k_{mod} * \frac{F_{v,R,k}}{Y_M} = 0,9 * \frac{260}{1,3} = 180 \text{ kN}$$

Posouzení stříhu:

$$V_{ed} < F_{v,R,d} \\ 127,15 < 180 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Návrh 5 svorníků průměru 20mm.

Spojovací prostředek
 $d=20\text{mm}$
 $f_u=500\text{MPa}$
 $d_0=22\text{mm}$

Rozteče:
 $e_1=100\text{mm}$
 $p_1=100\text{mm}$
 $e_2=175\text{mm}$

Ocel S355
 $f_y=355\text{MPa}$
 $f_{ub}=510\text{MPa}$
 $Y_{m01}=1$
 $Y_{m2}=1,3$

$f_u=500\text{MPa}$

$t_p=10\text{mm}$

Únosnost na roztržení:

Charakteristická únosnost:

$$F_{90,r,k} = 14 * b * \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}}$$

$$h_e = \frac{(h - h_p)}{2} + e_1 + 4 * p_1$$

$$h_e = \frac{(1300 - 600)}{2} + 100 + 4 * 100$$

$$h_e = 850\text{mm}$$

$$F_{90,r,k} = 14 * 640 * \sqrt{\frac{850}{1 - \frac{850}{1300}}}$$

$$F_{90,r,k} = 444\text{kN}$$

Návrhová únosnost:

$$F_{90,r,d} = k_{mod} * \frac{F_{90,r,k}}{Y_M} = 0,9 * \frac{444}{1,3} = 307\text{ kN}$$

Posouzení na roztržení:

$$V_{ed} \leq F_{90,R,d}$$

$$127,15 \leq 307\text{ kN}$$

Vyhovuje

Návrh 5 svorníků průměr 20mm.

Posouzení ocelového plechu:

Posouzení únosnosti v otláčení:

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1\right)$$

$$\alpha = \min\left(\frac{100}{3 * 22}; \frac{510}{500}; 1\right)$$

$$\alpha = \min(1,51; 1,02; 1) = 1$$

$$F_{b,r,d} = \frac{2,5 * \alpha * f_{u,b} * d * t}{Y_{m2}} = \frac{2,5 * 1 * 510 * 20 * 10}{1,3} = 197\text{kN}$$

$$N_d \leq F_{b,r,d} * n = 197 * 5$$

$$543,99 \leq 985\text{kN}$$

Vyhovuje

$a_w=3\text{mm}$
 $l_w=300\text{mm}$

$\beta_w=0,9$

Posouzení svaru na tlak:

Napětí koutového svaru:

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{0,5 * N_{ed}}{\sqrt{2} * a_w * l_w} = \frac{0,5 * 543990}{\sqrt{2} * 3 * 300} = 213 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2} = \sqrt{213^2 + 3 * 213^2} = 426 \text{ MPa}$$

Únostnost koutového svaru:

$$\frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{510}{0,9 * 1,3} = 436 \text{ MPa}$$

Posouzení koutového svaru:

426 < 436 MPa

Vyhovuje

Posouzení svaru stříh:

Napětí koutového svaru:

$$\tau_{\parallel} = \frac{0,5 * V_{ed}}{a_w * l_w} = \frac{0,5 * 127150}{3 * 300} = 70,7 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{0^2 + 3 * 70,7^2} = 122,45 \text{ MPa}$$

Únostnost koutového svaru:

$$\frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{510}{0,9 * 1,3} = 436 \text{ MPa}$$

Posouzení koutového svaru:

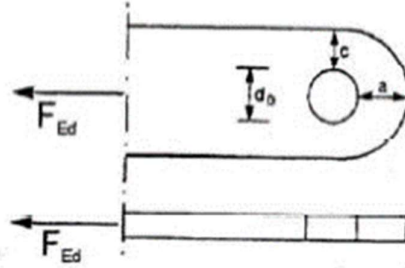
122,45 < 436 MPa

Vyhovuje

Navrhuji svar $a_w=3\text{mm}$, $l_w=300\text{mm}$.

Koeficienty:

Čep:

Ocel S355 $\varnothing 50\text{mm}$
(5.8) $f_y = 355\text{MPa}$ $f_{u,b} = 510\text{MPa}$ $d = 50\text{mm}$ $d_0 = 52\text{mm}$ **Posouzení čepu:**Schéma:Síla do čepu: $V_d = 127,15\text{ kN}$ $N_{dtlak} = 543,99\text{ kN}$

$$F_{v,e,d} = \sqrt{V_d^2 + N_{dtlak}^2} = \sqrt{127,15^2 + 543,99^2} = 558\text{ kN}$$

Minimální tloušťka:

$$t \geq 0,7 * \sqrt{\frac{F_{v,e,d} * Y_{M0}}{f_y}} = 0,7 * \sqrt{\frac{558000 * 1}{355}} = 27,75 = 30\text{ mm}$$

 $Y_{M0} = 1$ Rozměry:

$$a \geq \frac{F_{v,e,d} * Y_{M0}}{2 * t * f_y} + \frac{2 * d_0}{3} = \frac{558000 * 1}{2 * 30 * 355} + \frac{2 * 52}{3} = 60,86 = \text{min } 65\text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{v,e,d} * Y_{M0}}{2 * t * f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{558000 * 1}{2 * 30 * 355} + \frac{52}{3} = 43,53 = \text{min } 45\text{ mm}$$

Návrhová únosnost čepu ve smyku: $Y_{M2} = 1,3$

$$F_{v,r,d} = \frac{2 * 0,6 * A * f_{ub}}{Y_{M2}} = \frac{2 * 0,6 * \frac{\pi * d^2}{4} * 510}{1,3} = 924\text{ kN}$$

Ohybový moment působící na čep: $t_0 = 1\text{mm}$

$$M_{e,d} = \frac{F_{v,e,d}}{8} * (t + 4 * t_0 + 2 * t_1)$$

 $t_1 = 10\text{mm}$

$$M_{e,d} = \frac{558000}{8} * (30 + 4 * 1 + 2 * 10) = 3,76\text{ kNm}$$

$f_{u,b}=510 \text{ MPa}$

Návrhový moment únosnosti:

$$M_{rd} = 1,5 * W_{el} * \frac{f_{ub}}{Y_{m0}} = 1,5 * \frac{\pi * d^3}{32} * \frac{510}{1} = 9,4 \text{ kNm}$$

Kombinace smyku a ohybu:

$$\left(\frac{M_{e,d}}{M_{r,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,e,d}}{F_{v,r,d}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{3,76}{9,4}\right)^2 + \left(\frac{558}{924}\right)^2 \leq 1$$

$$0,52 \leq 1$$

Vyhovuje

Posouzení otlačení:

$$F_{b,r,d} = \frac{1,5 * d * t * f_y}{Y_{M0}} = \frac{1,5 * 50 * 30 * 355}{1} = 798 \text{ kN}$$

$$F_{v,e,d} \leq F_{b,r,d}$$

$$558 \leq 798 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Navrhují čep ocel S355 t=30mm.

Návrh a posouzení štítového sloupu

Koeficienty:

Materiál:

lep. Lam. Dřevo GL32h

třída trvání zatížení

střednědobé

třída provozu: 1

parametry dřeva:

$f_{m,g,k}=32$ MPa

$f_{v,g,k}=3,5$ MPa

$f_{c,0,g,k}=32$ MPa

$E_{0,g,05}=11800$ MPa

$E_{0,g,mean}=14200$ MPa

$Y_m=1,25$

$k_{mod}=0,8$

Průřez:

$h=560$ mm

$b=240$ mm

$A=134400$ mm²

$W_y=12544000$ mm³

$I_y=3522320000$ mm⁴

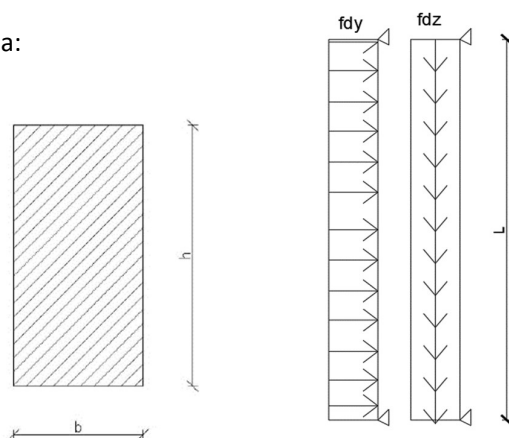
osová vzdálenost 5m

$L=14$ m

$f_{dy}=8,4$ kN/m

$f_{dz}=6,9$ kN/m

Schéma:



Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

Vnitřní síly:

$$M_{y,d} = \frac{1}{8} * f_{dy} * l^2 = \frac{1}{8} * 8,4 * 14^2 = 205,8 \text{ kNm}$$

Výpočet napětí:

$$\sigma_{y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{205800000}{12544000} = 16,4 \text{ MPa}$$

Posouzení na ohyb:

$$\sigma_{y,d} \leq f_{m,g,d}$$

$$16,4 \leq 20,48$$

Vyhovuje

Tlaková únosnost:

$Y_m=1,25$
 $k_{mod}=0,8$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

Vnitřní síly:

vlastní tíha=11,2 kN

$$N_d = f_{dz} * L = 6,9 * 14 + 11,2 = 107,8 \text{ kN}$$

Výpočet normálového napětí od tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{107800}{134400} = 0,8 \text{ MPa}$$

Štíhlost:

$L_{cr}=14\text{m}$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{14000}{161} = 87$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{3522320000}{134400}} = 161$$

Kritické napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 * E_{0,g,05}}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 * 11800}{87^2} = 15,4 \text{ MPa}$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{32}{15,4}} = 1,5$$

Součinitel vzpěru:

$\beta_c=0,1$

$$k = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{c,rel} - 0,3) + \lambda_{c,rel}^2)$$

$$k = 0,5 * (1 + 0,1 * (1,5 - 0,3) + 1,5^2) = 1,7$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{1,7 + \sqrt{1,7^2 - 1,5^2}} = 0,4$$

Posouzení tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c * f_{c,0,g,d}$$

$$0,8 \leq 0,4 * 20,48$$

$$0,8 \leq 8,2$$

Vyhovuje

Kombinace tlakové a ohybové únosnosti:

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

Výpočet kritického napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * E_{0,g,05} * b^2}{h * L_{eff}} = \frac{0,78 * 11800 * 240^2}{560 * 14000} = 67,62 \text{ MPa}$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{f_{m,g,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{32}{67,62}} = 0,69 < 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$$

Redukovaná návrhová pevnost:

$$f_{m,g,d,red} = f_{m,g,d} * k_{crit} = 20,48 * 1 = 20,48 \text{ MPa}$$

Posouzení kombinace tlaku a ohybu (uprostřed rozpětí)

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} + \left(\frac{\sigma_{y,d}}{k_{crit} * f_{m,g,d}} \right)^2 \leq 1$$
$$\frac{0,8}{0,4 * 20,48} + \left(\frac{16,4}{1 * 20,48} \right)^2 \leq 1$$
$$0,74 \leq 1$$

Vyhovuje

$Y_m=1,25$
 $k_{mod}=0,8$

Smyková únosnost:

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{3,5}{1,25} = 2,24 \text{ MPa}$$

$f_{dy}=8,4 \text{ kN/m}$

Vnitřní síly:

$$V_d = \frac{1}{2} * f_{dy} * L = \frac{1}{2} * 8,4 * 14 = 58,8 \text{ kN}$$

$b_{eff}=k_{cr} * b$
 $b_{eff}=0,67 * 240$
 $b_{eff}=160,8 \text{ mm}$

Účinná plocha průřezu:

$$A_{eff}=b_{eff} * h$$
$$A_{eff}=160,8 * 560 = 90048 \text{ mm}^2$$

Smykové napětí:

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{A_{eff}} = \frac{3}{2} * \frac{58800}{90048} = 0,96 \text{ MPa}$$

Posouzení smyku:

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$0,96 \leq 2,24 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Mezní stav použitelnosti:

Okamžitý průhyb:

$$f_k = f_{dy} / 1,5$$

$$f_k = 8,4 / 1,5$$

$$f_k = 5,6 \text{ kN/m}$$

$$E_{0,g,mean} = 14200 \text{ MPa}$$

$$I_y = 3522320000 \text{ mm}^4$$

$$w_{inst} = \frac{5}{384} * \frac{f_k * L^4}{E_{g,0,mean} * I_y} =$$

$$w_{inst} = \frac{5}{384} * \frac{5,6 * 14000^4}{14200 * 3522320000} = 54,04 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$w_{inst} \leq w_{lim} = \frac{l}{250} = 56 \text{ mm}$$

$$54,04 \leq 56 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Konečný průhyb:

$$k_{def} = 0,6$$

$$\Psi_2 = 0$$

$$w_{net,fin} = w_{inst} * (1 + k_{def} * \Psi_2) =$$
$$= 54,04 * (1 + 0,6 * 0) = 54,04 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$w_{net,fin} \leq w_{lim} = \frac{l}{200} = 70 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Navrhují štítový sloup 240*560mm.

Návrh kotvení štítový sloup-vazník

Koeficienty:

Materiál:

lep. Lam. Dřevo GL32h

třída trvání zatížení

střednědobé

třída provozu: 1

parametry dřeva:

$f_{m,g,k}=32 \text{ MPa}$

$f_{v,g,k}=3,5 \text{ MPa}$

$f_{c,0,g,k}=32 \text{ MPa}$

$E_{0,g,05}=11800 \text{ MPa}$

$E_{0,g,mean}=14200 \text{ MPa}$

$f_{c,90,g,k}=2,5 \text{ MPa}$

$Y_m=1,25$

$k_{mod}=0,8$

Průřez:

$h_v=2100 \text{ mm}$

$b_v=240 \text{ mm}$

$g_{dtlak}=4,98 \text{ kN/m}$

$g_{dsání}=8,4 \text{ kN/m}$

sloup:

$h_s=560 \text{ mm}$

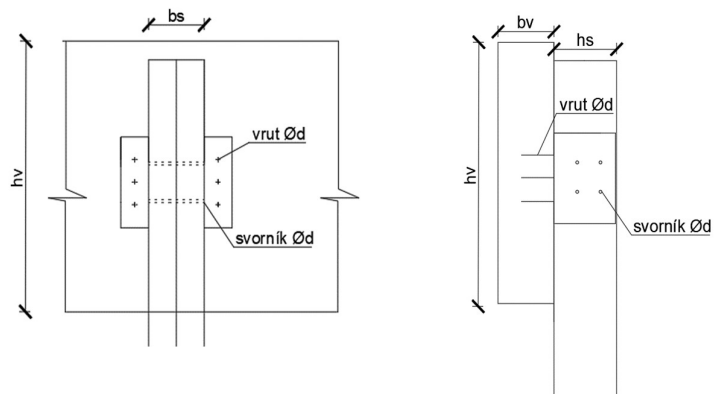
$b_s=240 \text{ mm}$

$tp=10 \text{ mm}$

$d=12 \text{ mm}$

$f_u=500 \text{ MPa}$

Schéma:



Návrhové pevnosti:

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,90,g,k}}{Y_M} = 0,8 * \frac{2,5}{1,25} = 1,6 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,g,k}}{Y_M} = 0,8 * \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{Y_M} = 0,8 * \frac{3,5}{1,25} = 2,24 \text{ MPa}$$

Posouzení tlaku:

Vnitřní síly:

$$V_{ed,tlak} = \frac{1}{2} * g_{dtlak} * l = \frac{1}{2} * 4,98 * 14 = 34,86 \text{ kN}$$

Efektivní plocha:

$$A_{eff} = h_v * b_s = 2100 * 240 = 504000 \text{ mm}^2$$

Tlakové napětí:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{V_{ed,tlak}}{A_{eff}} = \frac{34860}{504000} = 0,069 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,90,g,d}$$

$$0,069 \leq 1,6 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Návrh spojovacích prostředků:

spojovací prostředek:

$d=12\text{mm}$

$f_u=500\text{ MPa}$

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 12^{2,6} = 95931\text{ Nmm}$$

Charakteristická pevnost v otažení:

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 12) * 440 = 31,75\text{ MPa}$$

$\rho_k=440\text{ kg/m}^3$

$$k_{90} = 1,3 + 0,015 * d = 1,3 + 0,015 * 12 = 1,48$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = \frac{31,75}{1,48 * \sin(90)^2 + \cos(90)^2} = 21,45\text{ MPa}$$

$\alpha=90^\circ$

Charakteristická únosnost:

$$F_{v,R} = \min \left[\begin{array}{l} 0,5 * f_{h,90,k} * t_2 * d \\ 2,3 * \sqrt{M_{y,R,k} * f_{h,90,k} * d + \left(\frac{F_{ax,r,k}}{4}\right)} \end{array} \right]$$

$t_2=240\text{mm}$

$$F_{v,R} = \min \left[\begin{array}{l} 0,5 * 21,45 * 240 * 12 \\ 2,3 * \sqrt{95931 * 21,45 * 12 + 0} \end{array} \right]$$

$F_{ax,r,k}=0$

$$F_{v,R} = \min \left[\begin{array}{l} 30\text{kN} \\ 11,45\text{kN} \end{array} \right]$$

$$F_{v,R} = 11,45\text{ kN}$$

Charakteristická únosnost svorníků:

$n=4$

$$F_{v,r,k} = 2 * n * F_{v,r} = 2 * 4 * 11,45 = 91,6\text{ kN}$$

Návrhová únosnost svorníků:

$$F_{v,r,d} = k_{mod} * \frac{F_{v,r,k}}{Y_m} = 0,9 * \frac{91,6}{1,3} = 63,4\text{ kN}$$

$Y_m=1,3$

$k_{mod}=0,9$

Posouzení stříhu:

$$N_d \leq F_{v,r,d}$$

$$58,8 \leq 63,4\text{ kN}$$

Vyhovuje

Navrhují 4 svorníky $\varnothing 12\text{mm}$.

Návrh spojovacích prostředků proti vytažení:

spojovací prostředek:

vrutky RAPI-TEC HBS
ø12mm x 140mm

n=8 kusů

dle výrobce:
 $F_{ax,k}=10,68$ kN
 $F_{t,rk}=47,5$ kN

Charakteristická únosnost:

$$F_{ax,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} F_{ax,k} \\ F_{t,Rk} \end{array} \right\}$$
$$F_{ax,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} 10,68 \\ 47,5 \end{array} \right\}$$

Charakteristická únosnost vrutů:

$$F_{v,r,k} = n * F_{v,r} = 8 * 10,68 = 85,4 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost vrutů:

$$F_{v,r,d} = k_{mod} * \frac{F_{v,r,k}}{Y_m} = 0,9 * \frac{85,4}{1,3} = 59,12 \text{ kN}$$

$Y_m=1,3$
 $k_{mod}=0,9$

Posouzení:

$$N_{tah} \leq F_{v,r,d}$$

$$58,8 \leq 59,12 \text{ kN}$$

Vyhovuje
Navrhují 8 vrutů ø12mm*140mm.

Návrh kotvení štítový sloup-základ

Koeficienty:

Materiál:

lep. Lam. Dřevo GL32h

třída trvání zatížení

střednědobé

třída provozu: 1

parametry dřeva:

$f_{m,g,k}=32$ MPa

$f_{v,g,k}=3,5$ MPa

$f_{c,0,g,k}=32$ MPa

$E_{0,g,05}=11800$ MPa

$E_{0,g,mean}=14200$ MPa

$f_{c,90,g,k}=2,5$ MPa

$Y_m=1,25$

$k_{mod}=0,8$

Rozměry sloupu:

$b_p=240$ mm

$h_s=560$ mm

Spoj:

$b_p=240$ mm

$h_p=450$ mm

$t_p=10$ mm

$d=20$ mm

$f_u=500$ MPa

$N_d=107,8$ kN

$V_{ed}=58,8$ kN

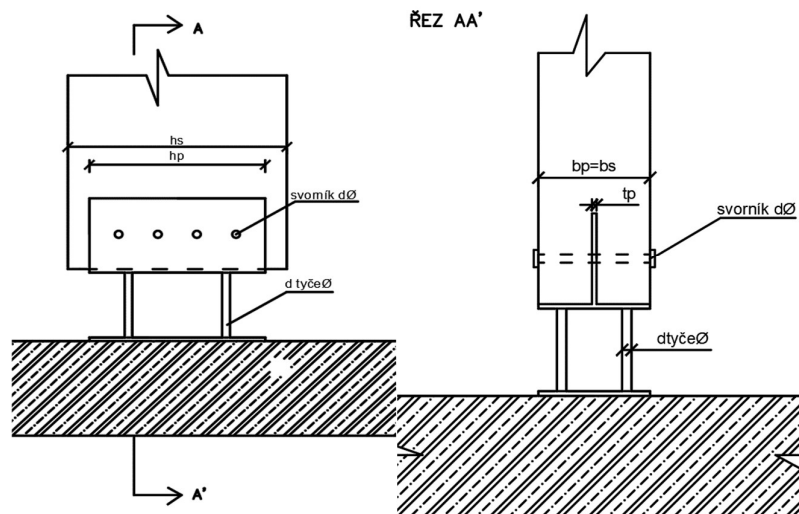
spojovací prostředek:

$d=20$ mm

$f_u=500$ MPa

$\rho_k=440$ kg/m³

Schéma:



Návrhové pevnosti:

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,90,g,k}}{Y_M} = 0,8 * \frac{2,5}{1,25} = 1,6 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{Y_M} = 0,8 * \frac{3,5}{1,25} = 2,24 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,g,k}}{Y_M} = 0,8 * \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

Posouzení tlaku

$$A_{eff} = h_p * b_p = 450 * 240 = 108000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A_{eff}} = \frac{107800}{108000} = 0,99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,g,d}$$

$$0,99 \leq 20,48 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Spojovací prostředky:

Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,r,k} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 500 * 20^{2,6} = 362050 \text{ Nmm}$$

Charakteristická pevnost v otláčení:

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 20) * 440 = 28,86 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,3 + 0,015 * d = 1,3 + 0,015 * 20 = 1,6$$

$t_1=115\text{mm}$
 $\alpha=90^\circ$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = \frac{28,86}{1,6 * \sin(90)^2 + \cos(90)^2} = 18 \text{ MPa}$$

Charakteristická únosnost:

$$F_{v,R} = \min \left[\begin{array}{l} f_{h,90,k} * t_1 * d \\ f_{h,90,k} * t_1 * d * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * M_{yrk}}{f_{h,90,k} * d * t_1^2}} - 1 \right) \\ 2,3 * \sqrt{M_{yrk} * f_{h,90,k} * d} \end{array} \right]$$

$F_{ax,r,k}=0$

$$F_{v,R} = \min \left[\begin{array}{l} 18 * 115 * 20 \\ 18 * 115 * 20 * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * 362050}{18 * 20 * 315^2}} - 1 \right) \\ 2,3 * \sqrt{362050 * 18 * 20} \end{array} \right]$$

$n=4$

$$F_{v,R} = \min \left[\begin{array}{l} 41 \text{ kN} \\ 18 \text{ kN} \\ 26 \text{ kN} \end{array} \right]$$

$$F_{v,R} = 18 \text{ kN}$$

$Y_m=1,3$

$k_{mod}=0,9$

Charakteristická únosnost svorníků:

$$F_{v,r,k} = 2 * n * F_{v,r} = 2 * 4 * 18 = 144 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost svorníků:

$$F_{v,r,d} = k_{mod} * \frac{F_{v,r,k}}{Y_m} = 0,9 * \frac{144}{1,3} = 98 \text{ kN}$$

Posouzení stříhu:

$$V_d \leq F_{v,r,d}$$

$$58,8 \leq 98 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Únosnost kotevní tyče:

$$F_t = \frac{0,204 * d^2 * \pi}{4 * \gamma_m} = \frac{0,204 * 20^2 * \pi}{4 * 1} = 65 \text{ kN}$$

Celkem 4 tyče.

Vyhovuje

$d_0=22\text{mm}$
 Rozteče:
 $e_1=75\text{mm}$
 $p_1=100\text{mm}$
 $e_2=100\text{mm}$

Únosnost na roztržení:

$$F_{90,r,k} = 14 * b * \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}}$$

$$h_e = \frac{(h - h_p)}{2} + e_1 + 3 * p_1$$

$$h_e = \frac{(560 - 450)}{2} + 75 + 3 * 100$$

$$h_e = 430\text{mm}$$

$$F_{90,r,k} = 14 * 240 * \sqrt{\frac{430}{1 - \frac{430}{560}}}$$

$$F_{90,r,k} = 145\text{ kN}$$

Návrhová únosnost:

$$F_{90,r,d} = k_{mod} * \frac{F_{90,r,k}}{Y_M} = 0,9 * \frac{145}{1,3} = 101\text{ kN}$$

Posouzení na roztržení:

$$V_{ed} \leq F_{90,R,d}$$

$$58,8 \leq 101\text{ kN}$$

Vyhovuje

Posouzení na otláčení:

Ocel S355
 $f_y=355\text{ Mpa}$
 $f_{ub}=510\text{ Mpa}$
 $Y_{m01}=1$
 $Y_{m2}=1,3$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1\right)$$

$$\alpha = \min\left(\frac{75}{3 * 22}; \frac{510}{500}; 1\right)$$

$$\alpha = \min(1,13; 1,02; 1)=1$$

$f_u=500\text{ Mpa}$

$$F_{b,r,d} = \frac{2,5 * \alpha * f_{u,b} * d * t}{Y_{m2}} = \frac{2,5 * 1 * 510 * 20 * 10}{1,3} = 197\text{ kN}$$

$$N_d \leq F_{b,r,d} * 4 = 197 * 4$$

$t_p=10\text{mm}$

$$107,8 \leq 788\text{ kN}$$

Vyhovuje

Navrhuji 4 svorníky $\varnothing 20\text{mm}$.

Návrh a posouzení paždíku

Koeficienty:

dřevo: GL32h

třída provozu: 1

zatížení: střednědobé

$k_{mod}=0,8$

$f_{m,g,k}=32 \text{ MPa}$

$f_{v,g,k}=3,5 \text{ MPa}$

$E_{0,g,mean}=14200 \text{ MPa}$

$Y_m=1,25$

$b=220 \text{ mm}$

$h=160 \text{ mm}$

$L=5 \text{ m}$

$f_z=2,52 \text{ kN/m}$

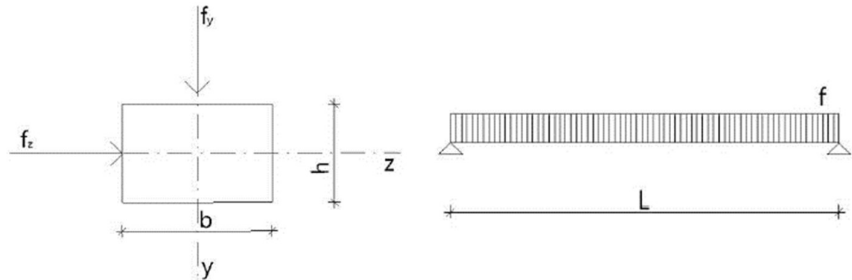
$f_y=2,07+0,2=2,25 \text{ kN/m}$

$W_y=938666 \text{ mm}^3$

$W_z=1290666 \text{ mm}^3$

osová vzdálenost 1,5m

Schéma:



Mezní stav únosnosti:

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{32}{1,25} = 20,48 \text{ MPa}$$

Výpočet vnitřních sil:

$$M_{y,d} = \frac{1}{8} * f_y * l^2 = \frac{1}{8} * 2,25 * 5^2 = 7,03 \text{ kNm}$$

$$M_{z,d} = \frac{1}{8} * f_z * l^2 = \frac{1}{8} * 2,52 * 5^2 = 7,87 \text{ kNm}$$

Výpočet normálových napětí od ohybu:

$$\sigma_{y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{7030000}{938666} = 7,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{7870000}{1290666} = 6,1 \text{ MPa}$$

Posouzení na ohyb:

$k_m=0,7$

$$k_m * \frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1 \quad 0,7 * \frac{7,48}{20,48} + \frac{6,1}{20,48} \leq 1 \quad 0,55 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{y,d}}{f_{m,g,d}} + k_m * \frac{\sigma_{z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1 \quad \frac{7,48}{20,48} + 0,7 * \frac{6,1}{20,48} \leq 1 \quad 0,57 \leq 1$$

Vyhovuje

Posouzení smyk:

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{Y_m} = 0,8 * \frac{3,5}{1,25} = 2,24 \text{ MPa}$$

Účinná šířka průřezu:

$$A_{eff} = b_{eff} * h = 107,2 * 220 = 23584 \text{ mm}^2$$

Výpočet vnitřních sil:

$$V_d = \frac{1}{2} * f_d * l = \frac{1}{2} * 2,52 * 5 = 6,3 \text{ kN}$$

Výpočet smykového napětí:

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{A_{eff}} = \frac{3}{2} * \frac{6300}{23584} = 0,4 \text{ MPa}$$

Posouzení smyku:

$$\tau_d \leq f_{v,g,d}$$

$$0,4 \leq 2,24$$

Vyhovuje

Klopení:

Kritické napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * E_{0,g,05} * h^2}{b * L_{eff}} = \frac{0,78 * 11800 * 160^2}{220 * 5000} = 214 \text{ MPa}$$

$E_{0,g,05} = 11800 \text{ Mpa}$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,g,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{32}{214}} = 0,38$$

Součinitel příčné torzní stability:

$$\lambda_{rel,m} = 0,38 < 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$$

Redukovaná návrhová pevnost:

$$f_{m,g,d,red} = k_{crit} * f_{m,g,d} = 1 * 20,48 = 20,48 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\sigma_d \leq f_{m,g,d,red}$$

$$7,48 \leq 20,48 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

$b_{eff} = k_{cr} * h$
 $b_{eff} = 0,67 * 160$
 $b_{eff} = 107,2 \text{ mm}$

$$f_{ky}=1,67 \text{ kN/m}$$

$$f_{kz}=1,68 \text{ kN/m}$$

$$E_{0,g,mean}=14200 \text{ MPa}$$

$$I_y=75093333 \text{ mm}^4$$

$$I_z=141973333 \text{ mm}^4$$

Mezní stav použitelnosti:

Okamžitý průhyb:

$$w_{inst,y} = \frac{5}{384} * \frac{f_y * l^4}{E_{0,g,mean} * I_y} = \frac{5}{384} * \frac{1,67 * 5000^4}{14200 * 75093333} = 12,2 \text{ mm}$$

$$w_{inst,z} = \frac{5}{384} * \frac{f_z * l^4}{E_{0,g,mean} * I_z} = \frac{5}{384} * \frac{1,68 * 5000^4}{14200 * 141973333} = 6,75 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$w_{inst} \leq w_{lim} = \frac{L}{300} = 16,6 \text{ mm}$$

$$12,2 \leq 16,6 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Konečný průhyb:

$$w_{net,fin} = \max(w_{inst,y} * (1 + k_{def}); w_{inst,z} * (1 + k_{def} * \Psi_2))$$

$$w_{net,fin} = \max((12,2 * (1 + 0,6)); 6,75 * (1 + 0,6 * 0))$$

$$w_{net,fin} = 19,52 \text{ mm}$$

$$k_{def}=0,6$$

$$\Psi_2=0$$

Posouzení:

$$w_{net,fin} \leq w_{lim} = \frac{L}{250} = 20 \text{ mm}$$

$$19,52 \leq 20 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Navrhuji pažďík GL32h 220*160mm

Návrh a posouzení ztužidel

Koeficienty:

Ocel S355

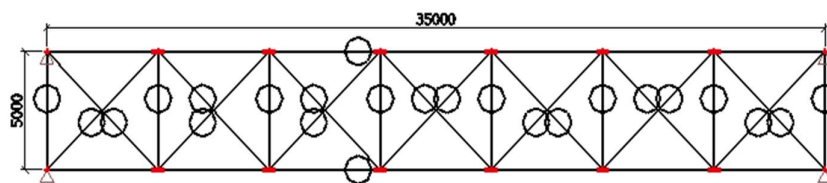
$f_y = 355 \text{ MPa}$

$f_u = 500 \text{ MPa}$

Návrh tyč: $\varnothing 20 \text{ mm}$

$A = 314,16 \text{ mm}^2$

Schéma:



Návrh diagonál:

Návrhová únosnost:

$$N_{t, RD} = \frac{A * f_y}{Y_{M0}} = \frac{314,16 * 355}{1} = 111,6 \text{ kN}$$

$N_{ed} = 88,02 \text{ kN}$

$Y_{M0} = 1$

Posouzení:

$$N_{ed} \leq N_{t, RD}$$

$$88,2 \leq 111,6 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Únosnost dle výrobce Macalloy:

$$N_{t, RD} = 110 \text{ kN}$$

$$N_{ed} \leq N_{t, RD}$$

Vyhovuje

Návrh- systémová táhla Macalloy M20

Parametry dřeva:

vaznice C24

$f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$

$E_{0, \text{mean}} = 11000 \text{ MPa}$

$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$

$N_{tlak} = 102,88 \text{ kN}$

$k_{mod} = 0,8$

$Y_M = 1,3$

$N_{tlak} = 102,88 \text{ kN}$

$b = 140 \text{ mm}$

$h = 260 \text{ mm}$

$A = 36400 \text{ mm}^2$

$I_y = 205053333 \text{ mm}^4$

$L = 5 \text{ m}$

Návrh tlačných prvků (vaznice):

Návrhová pevnost v tlaku:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{Y_M} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$$

Normálové tlakové napětí:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{ed}}{A} = \frac{102880}{36400} = 2,83 \text{ MPa}$$

Štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{5000}{75} = 66,7$$

Kritické tlakové napětí:

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 * E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 * 7400}{66,7^2} = 16,4 \text{ MPa}$$

Relativní šíthlost:

$$\lambda_{c,rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{21}{16,4}} = 1,13$$

Součinitel vzpěrnosti:

$\beta_c=0,2$

$$k=0,5*(1+\beta_c*(\lambda_{c,rel}-0,3)+\lambda_{c,rel}^2)=$$

$$k=0,5*(1+0,2*(1,13-0,3)+1,13^2)=$$

$$k=1,2$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{c,rel}^2}} = \frac{1}{1,2 + \sqrt{1,2^2 - 1,13^2}} = 0,62$$

Posouzení vzpěrný tlak:

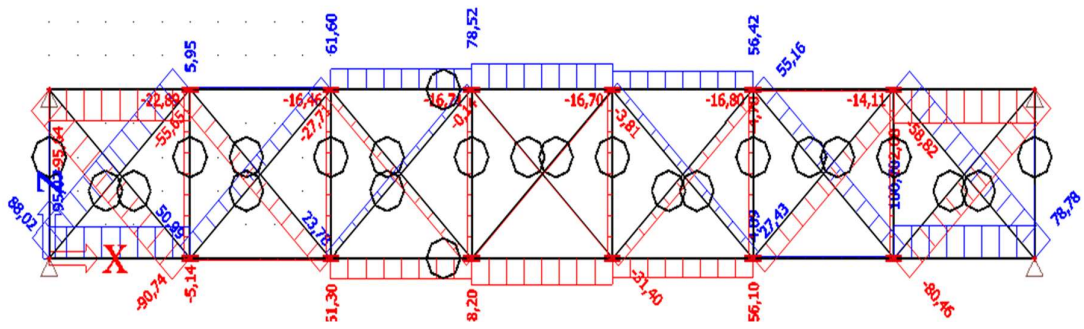
$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c * f_{c,0,d}$$

$$2,83 \leq 0,62 * 12,92$$

$$2,83 \leq 8 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Výsledné vnitřní síly:



České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Bakalářská práce



Část 2-Analýza rámového rohu

Vliv sklonu střešní konstrukce (příčle) na přerozdělení vnitřních sil na rámové konstrukci:

Vlivem měnícího se úhlu sklonu střešní konstrukce (příčle) dochází k rozkladu zatížení a ke změnám posouvající síly, normálové síly i ohybového momentu. Jelikož je navrhování rámových konstrukcí procesem často iteračním, zmiňuji v této kapitole, jakým způsobem může sklon střechy ovlivnit průběh vnitřních sil a tím změnit celkový návrh a efektivnost konstrukce. Nelze totiž před samotným návrhem jednoznačně určit, který ohybový moment bude rozhodovat o konečném rozměru rámu. Ve většině případů hraje dominantní roli při návrhu prvku ohybový moment v rámovém rohu. Právě díky častému výskytu maximálního ohybového momentu v rámovém rohu dochází k situaci, že tento moment rozhoduje o celkové dimenzi rámové konstrukce, hlavně o množství a průměru spojovacích prostředků umístěných v rámovém rohu, které rozhodují o výšce prvků. Právě sklon střešní konstrukce může výrazně ovlivnit jeho velikost. Tato problematika má ve výsledku velký vliv na správný a efektivní návrh konstrukce a tím i na celkovou cenu konstrukce.

Změny průběhu vnitřních sil a hlavně ohybových momentů s ohledem na tuhost rámového rohu se snažím popsat co nejobecněji, proto jsem analyzoval konstrukce o rozponech 10,15,20,25 a 35m. Proměnné sklony střešní konstrukce jsou zvoleny 0; 10; 20; 30; 40; 50 a 60°. Analyzovat větší úhel než 60° pro sklon příčle nepovažuji z hlediska praktického využití za potřebné. Konstrukce jsou zatěžovány ve dvou základních variantách. Ve variantě první jsou konstrukce zatíženy symetrickým spojitým svislým zatížením (kombinace stálého zatížení+sněhu). Ve druhé variantě je konstrukce zatížena kombinací svislého zatížení a zatížením od podélného a příčného větru. Velikosti zatížení jsou přizpůsobeny co nejreálnějším podmínkám a zatěžovacím stavům. Velikosti zatížení ovlivňují jednotlivé hodnoty vnitřních sil a momentů, průběhy vnitřních sil a ohybových momentů po konstrukci zůstávají zachovány.

Varianta 1:

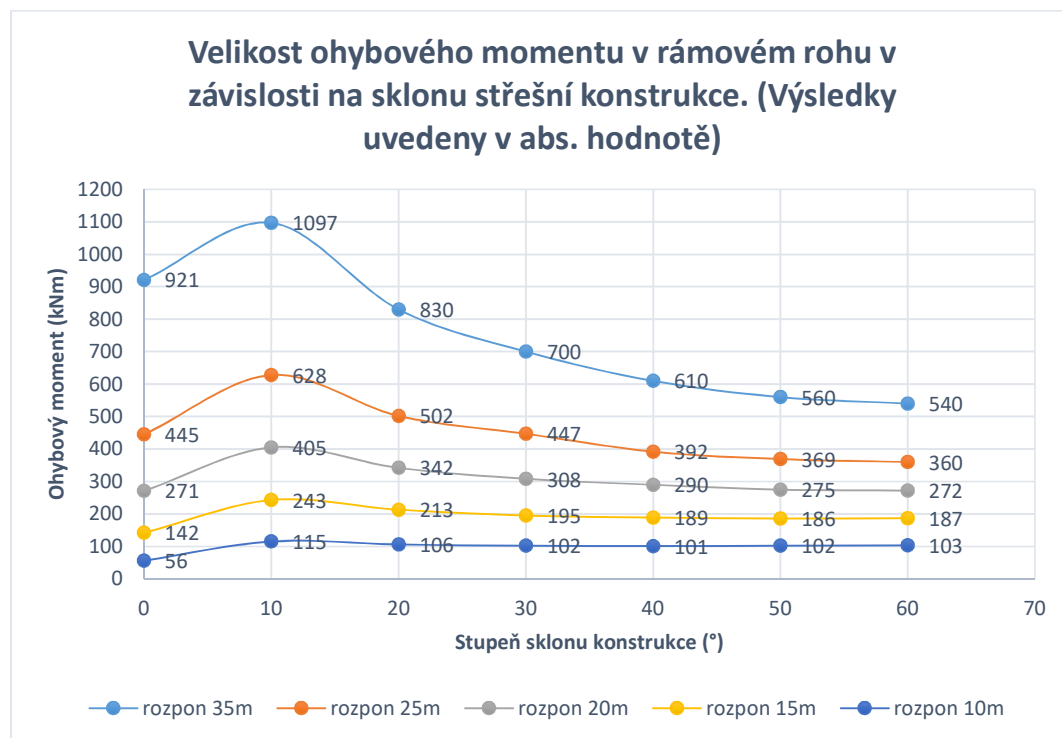
V první variantě posuzuji na dané zatížení konstrukce o všech zvolených rozponech a úhlech sklonů. Konstrukce je zatěžována spojitým líniovým svislým zatížením působícím na střešní konstrukci o celkové velikosti 6 kN/m. Toto zatížení nahrazuje tíhu střešního pláště a sněhu. Jeho velikost byla zvolena s ohledem na běžné tíhy střešních pláštů, které se hlavně u sedlových střech pohybují do 1kN/m². Konečné zatížení bylo přenásobeno pomocí součinitele 1,35 (součinitel pro stálé zatížení) a 1,5 (součinitel pro zatížení sněhem). Sledovány byly maximální síly vyskytující se v rámovém rohu. Výsledky jsou uvedeny v absolutní hodnotě v tabulce 1.

rozpon 35m			
úhel sklonu (°)	oh. Moment kNm	posouvající síla (kN)	normálová síla (kN)
0	921	185	185
10	1097	154	188
20	830	138	198
30	700	127	213
40	610	119	244
50	560	112	293
60	540	106	362
rozpon 25m			
úhel sklonu (°)	oh. Moment kNm	posouvající síla (kN)	normálová síla (kN)
0	445	132	132
10	628	115	134
20	502	104	140
30	447	97	147
40	392	90	172
50	369	85	206
60	360	81	249
rozpon 20m			
úhel sklonu (°)	oh. Moment kNm	posouvající síla (kN)	normálová síla (kN)
0	271	105	105
10	405	92	108
20	342	84	114
30	308	79	123
40	290	75	135
50	275	70	165
60	272	66	218
rozpon 15m			
úhel sklonu (°)	oh. Moment kNm	posouvající síla (kN)	normálová síla (kN)
0	142	79	79
10	243	71	81
20	213	66	85
30	195	61	95
40	189	58	105
50	186	55	124
60	187	52	154
rozpon 10m			
úhel sklonu (°)	oh. Moment kNm	posouvající síla (kN)	normálová síla (kN)
0	56	52	52
10	115	49	54
20	106	47	57
30	102	46	61
40	101	42	67
50	102	40	74
60	103	39	82

Tab. 1-Vliv sklonu střešní konstrukce na průběh vnitřních sil v rámovém rohu.

Z výsledků uvedených v tabulce je vidět, že normálová i posouvající síla se po konstrukci mění lineárně dle velikosti zatížení a sklonu. Normálová síla narůstá vlivem zvyšujícího se sklonu střešní konstrukce (příčle) a v závislosti na rozponu. Zvyšující se sklon střešní konstrukce (příčle) způsobí výrazné zvýšení normálové síly v rámovém rohu. Posouvající síla naopak s rostoucím sklonem střešní konstrukce klesá, což je způsobeno rozkladem působícího zatížení. Vliv na posouvající sílu má zejména vlastní tíha konstrukce a zatížení sněhem. Jelikož normálová síla právě vlivem vlastní tíhy vždy zvýší svojí hodnotu více, než posouvající síla poklesne, dojde tedy v součtu posouvající a normálové síly k celkovému zvýšení namáhání spojovacích prostředků rámového rohu, jež roste s rostoucím sklonem. Dominantní roli při zatížení spojovacích prvků rámového rohu, a tedy i na jejich počet má ohybový moment, který se po konstrukci nemění tak jednoznačně jako posouvající a normálové síly.

Změnu ohybového momentu, který má dominantní vliv na návrh rámového rohu můžeme pozorovat podrobněji na následujícím grafu.:



Graf č.1

V grafu č.1 jsou patrné změny ohybových momentů v rámovém rohu při změně sklonu střešní konstrukce. Výsledky můžeme rozdělit podle průběhu do dvou skupin. První skupinou jsou konstrukce do 20m rozponu. Z grafu vyplývá, že u rozponu do cca 20m nemá rostoucí sklon střešní konstrukce (příčle) výraznější vliv na výsledný ohybový moment v rámovém rohu, přestože se s rostoucím sklonem snižuje. Důvodem je počáteční nárůst ohybového momentu, který je vyvolán zvýšením vodorovné složky reakce z důvodu prvotního sklonění konstrukce. Pokud uvažíme celkové přetížení spojovacích prostředků od výsledného vektorového součtu posouvající a normálové síly, má rostoucí sklon střešní konstrukce na celkový návrh spíše negativní vliv. Dojde k většímu přetížení spojovacích prostředků v rámovém rohu oproti střešní konstrukci ploché (sklon 0°). U konstrukcí do rozponu cca 20m navíc nevzniká nejvyšší ohybový moment při nulovém sklonu střešní konstrukce v rámovém rohu, nýbrž v uprostřed rozpětí. Nejefektivnějším návrhem je u menších rozpětí do cca 20m střešní konstrukce o nulovém sklonu-plochá střecha. Druhou skupinou výsledků, jsou konstrukce o větších rozponech nad 20 m. Tyto konstrukce mají již při nulovém sklonu střešní konstrukce (příčle) maximální ohybový moment v rámovém rohu. Jak vyplývá z výsledků v grafu č.1, s rostoucím sklonem se ohybový moment v rámovém rohu snižuje rychleji, než u konstrukcí do rozponu 20m. U rozponu 35m při sklonu střešní konstrukce 20° je patrný pokles momentu v rámovém rohu o 91 kNm. Pokles ohybového momentu v rámovém rohu je způsoben snížením vodorovné reakce v podpoře, ke kterému dojde vlivem změny sklonu střešní konstrukce (příčle). Tento pokles již může hrát roli při návrhu rámového rohu, zvláště při výpočtu zatížení na jednotlivé kolíky a na konstrukci jako takovou. Analýza ukazuje, že pro rozpory kolem 35m je možné uvažovat jako nejvýhodnější sklony příčle přesahující hodnotu 20° .

Poslední věcí kterou jsme schopni z grafu vyčíst, je skutečnost, že rámové konstrukce které by byly zatíženy pouze svislým zatížením, jsou při sklonu střešní konstrukce okolo 10° nejméně výhodné, bez ohledu na rozpon konstrukce. To je zapříčiněno počátečním nárůstem vodorovné reakce při prvotním zvýšení sklonu střešní konstrukce (příčle). Výsledné vodorovné reakce se pak s rostoucím sklonem stále snižují, což způsobuje snižování ohybového momentu v rámovém rohu a tím menší zatížení spojovacích prostředků.

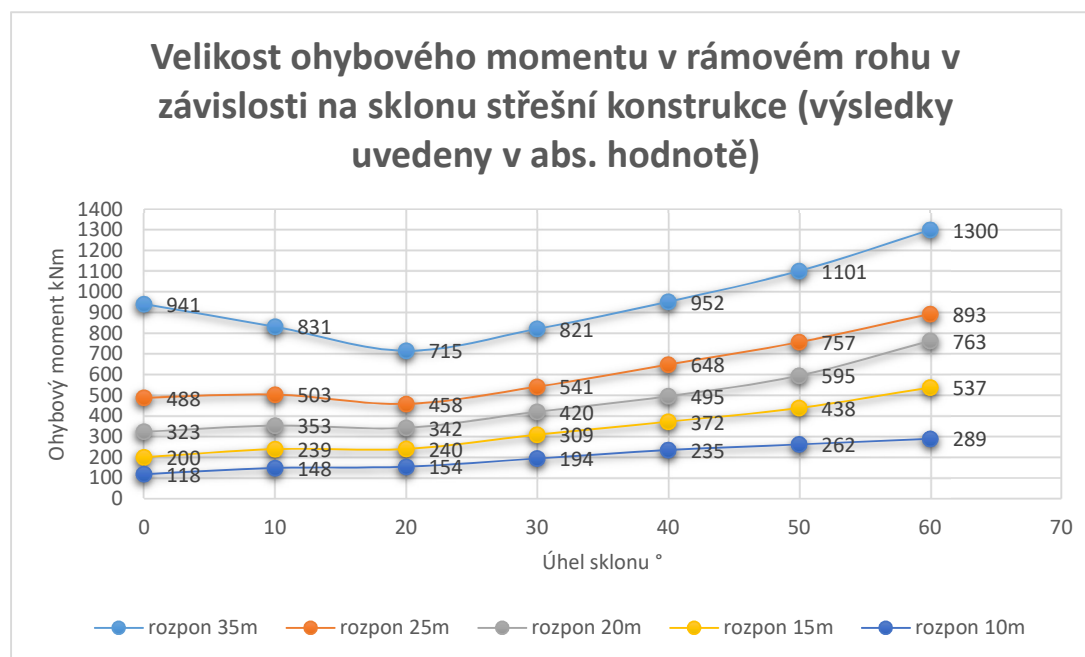
Varianta 2:

Ve druhé variantě je uvážováno zatížení rámu svislými i vodorovnými silami. Konstrukce byly zatíženy svislým spojitým zatížením stejným jako ve variantě 1, přibýly ovšem zatížení simulující zatížení větrem. Pro stanovení zatížení jsem vyšel z velikosti hodnot zatížení z první části bakalářské práce. Je převzata stejná hodnota maximálního dynamického tlaku větru. Jednotlivé hodnoty zatížení byly uvažovány s ohledem na rozměr a sklon konstrukce a byly vybrány vždy nejhorší možné kombinace. Jelikož je konstrukce zatížena větrem, nejsou již výsledky v obou rámových rozích symetrické, tak jako tomu bylo ve variantě první. Analyzován byl proto rámový roh s maximálním ohybovým momentem. Výsledky vnitřních sil jsou uvedeny v tabulce 2.

rozpon 35m			
úhel sklonu (°)	oh. Moment kNm	posouvající síla (kN)	normálová síla (kN)
0	941	209	150
10	831	95	150
20	715	85	151
30	821	83	197
40	952	68	258
50	1101	53	345
60	1300	31	480
rozpon 25m			
úhel sklonu (°)	oh. Moment kNm	posouvající síla (kN)	normálová síla (kN)
0	488	152	74
10	503	74	90
20	458	68	98
30	541	67	130
40	648	59	182
50	757	49	245
60	893	36	327
rozpon 20m			
úhel sklonu (°)	oh. Moment kNm	posouvající síla (kN)	normálová síla (kN)
0	323	123	47
10	353	62	65
20	342	58	77
30	420	57	110
40	495	55	140
50	595	46	200
60	763	31	304
rozpon 15m			
úhel sklonu (°)	oh. Moment kNm	posouvající síla (kN)	normálová síla (kN)
0	200	96	26
10	239	52	44
20	240	49	55
30	309	49	83
40	372	48	115
50	438	43	156
60	537	35	219
rozpon 10m			
úhel sklonu (°)	oh. Moment kNm	posouvající síla (kN)	normálová síla (kN)
0	118	71	12
10	148	43	27
20	154	42	37
30	194	42	57
40	235	41	77
50	262	40	95
60	289	39	114

Tab. 2-Vliv sklonu střešní konstrukce na průběh vnitřních sil v rámovém rohu.

Výsledky vnitřních sil jsou obdobné jako v první variantě. Posouvající síla s rostoucím sklonem klesá. Rozdílná je ale rychlost jakou se snižuje hodnota s ohledem na sklon střechy (příčle). V první variantě klesá posouvající síla s rostoucím sklonem plynule, ve variantě druhé dochází mezi úhly 20-40° téměř zastavení poklesu hodnot posouvajících sil. Normálová síla se rovněž s rostoucím sklonem zvyšuje. Významně se na tom podílí vlastní tíha, proto se hodnoty úbytku posouvající síly nerovnají nárůstům síly normálové.



Graf č.2

Z výsledků na grafu č. 2 je vidět, že změny ohybových momentů ve variantě druhé jsou zcela rozdílné než ve variantě první. První rozdílem je, že i u konstrukcí do rozponu 20m rozhoduje již při nulovém sklonu střešní konstrukce ohybový moment v rámovém rohu a ne v poli, tak jak tomu bylo ve variantě první. To je způsobeno nesymetrickým zatížením ve směru větru působícím na stěny a příčným větrem působícím na střešní konstrukci. Dalším poznatkem je změna ohybového momentu mezi stupni sklonu 0° a 10°. Platí, že se zvyšujícím se rozponem se nárůst ohybových momentů v rámovém rohu mezi těmito střešními sklony (0-10°) snižuje, při rozponu 35 metrů je dokonce ohybový moment při sklonu 10° výrazně nižší než při sklonu 0°.

Zatímco ve variantě první se ohybové momenty v rámovém rohu po počátečním nárůstu se zvyšujícím se sklonem snižovaly (poklesem vodorovné reakce v podpoře), ve variantě druhé můžeme sledovat patrné snížení ohybových momentů při stupni sklonu 20° a poté následný nárůst. Chování je proto zcela odlišné než ve variantě první. Tento výsledek je způsoben právě rozkladem vnitřních sil působících na měnící se konstrukci. Vodorovná reakce z počátku sice také klesá s rostoucím sklonem (tak jako ve variantě 1), ovšem působící zatížení větrem (vyvíjející tlak) se stále zvyšuje, z důvodu prodlužování střešní konstrukce (příčle) vlivem sklonu. Vodorovná reakce tedy po prvotním snižování (do sklonu příčle 20°) začne vlivem zvyšujícího se zatížení větrem působícího na střešní konstrukci a zatížení větrem působícím na stěny zpětně zvyšovat svoji hodnotu a začne docházet k opětovnému nárůstu ohybového momentu v rámovém rohu a tím k přitěžování spojovacích prostředků. Závěrem této analýzy je jakýsi optimální úhel sklonu, při kterém je odpovídající pokles vodorovné reakce roven optimálnímu zvýšení zatížení větrem a dojdeme tedy k nejefektivnějšímu návrhu na nejnižší ohybový moment a to při sklonu 20°. Ten způsobí pokles ohybového momentu pro rozpon např. 35m o 110 kNm oproti střeše ploché.

Závěr:

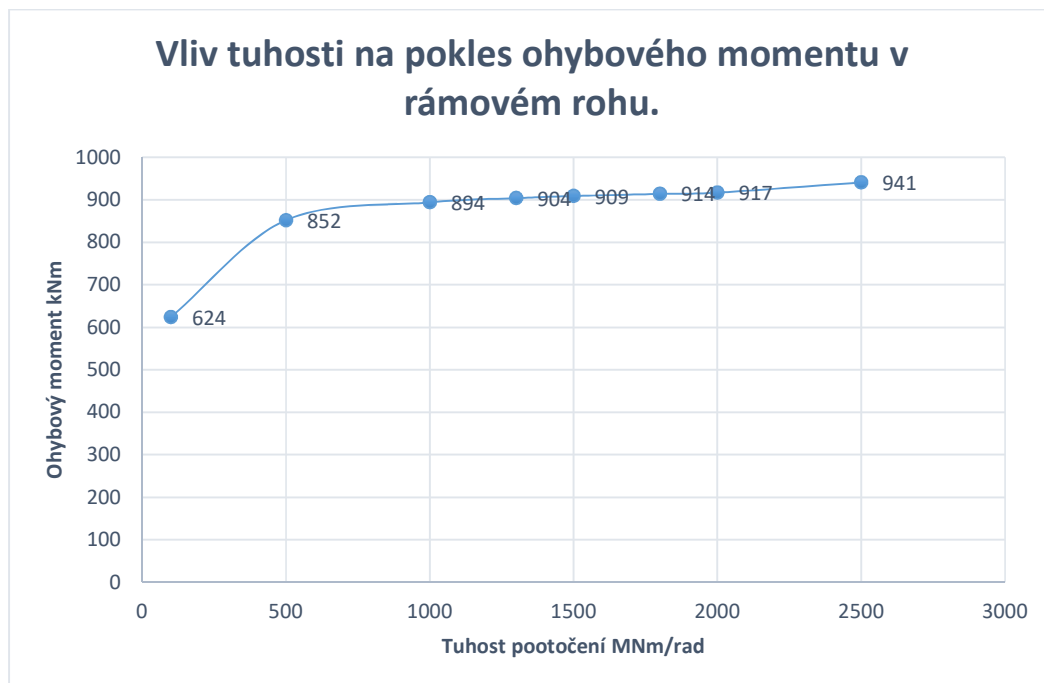
Pokud budeme navrhovat rámovou konstrukci, můžeme sklonem střešní konstrukce (příčle) významně ovlivnit ohybový moment v rámovém rohu a tím změnit efektivitu ale i cenu konstrukce. Pokud bychom navrhovali rámový systém při mimořádných podmínkách s minimálním vlivem větru, například v městské zástavbě v okolí vyšších budov, nejefektivnějším návrhem u konstrukcí do rozponu cca 20m bude konstrukce se sklonem příčle 0°. U rozponů nad 20m se bude efektivnost konstrukce zvyšovat od sklonu příčle nad 10°. U konstrukcí klasicky zatížených s významným vlivem větru, se vyplatí navrhovat větší rozpony (nad 20m) pod úhlem sklonu 20°. Rozpony pod 20m vychází nejlépe jako střechy ploché se sklonem příčle 0°.

Vliv tuhosti na návrh rámového rohu:

Další problematika, které se věnuji v rámci analýzy dřevěných rámových soustav a která zásadním způsobem může ovlivnit návrh celkové konstrukce je rotační tuhost rámového rohu. Vliv tuhosti rámového rohu je svázána s deformacemi, které v závislosti na míře tuhosti v rámovém rohu vznikají. Popis tuhosti je velmi složitý a proto se v rámci této kapitoly věnuji pouze tuhosti, bez vlivu tuhosti rámového rohu na celkovou deformaci konstrukce.

Jak bylo uvedeno v předchozí kapitole, o dimenzi rámové konstrukce často rozhoduje maximální ohybový moment, který vzniká v rámovém rohu. Jeho velikost můžeme ovlivnit jak sklonem střešní konstrukce (příčle), tak tuhostí rámového rohu. Platí zde přímá úměra (se zvyšujícím se zatížením roste ohybový moment v rámovém rohu) a tak narůstá potřebný počet spojovacích prostředků potřebných pro přenos ohybového momentu. S roustoucím počtem spojovacích prostředků roste tuhost spoje. Ta je přímo úměrná materiálu spoje, počtu spojovacích prostředků a jejich vzájemnému umístění. Z této přímé úměry je vidět, že přímá úměra platí i opačně, neboť snížená tuhost spoje ve výsledku snižuje ohybový moment v rámovém rohu. Pro rámové konstrukce vzniká tedy velmi obtížně popsateľný cyklus. Na straně jedné požadujeme aby byl spoj uvažován jako dostatečně "tuhý" a dokázal tedy přenést ohybový moment. V tom případě můžeme konstrukci nazvat jako konstrukci rámovou. Nadruhou stranu ale u konstrukcí u kterých rozhoduje ohybový moment v rámovém rohu se částečně snažíme, aby tuhost rámového spojení byla navržena dostatečně optimálně a došlo tak k optimálnímu vyrovnání ohybového momentu v rámovém rohu a uprostřed příčle-v poli (poklesem tuhosti v rámovém rohu totiž dochází ke zvyšování momentů v poli). Pokud by se podařilo tyto ohybové momenty vyrovnat, v tu chvíli bychom získali nejefektivnější a z cenového hlediska nejvýhodnější konstrukci. Z praktického hlediska ovšem nejsme často schopni takovéto ideální situace dosáhnout. Rámový roh by měl již tak nízkou tuhost, s tak malým počtem spojovacích prostředků, které by ve výsledku byly přetíženy vypočtenými vnitřními silami. Proto se v praxi snažíme najít takovou optimální tuhost, abychom docílili co největšího vyrovnání ohybových momentů v rámovém rohu a poli, a přitom co nejvyššímu využití spojovacích prostředků a tím nejnížší výšce prvku.

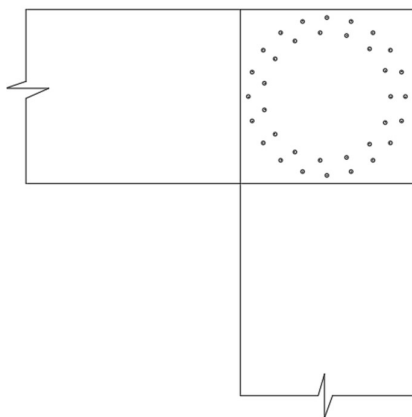
Závislost a velikost poklesu ohybového momentu v rámovém rohu na tuhosti pootočení rámového rohu je uvedena na konstrukci o rozponu 35m s sklonem příčle 0°. Konstrukce je zatížena liniiovým svislým spojitým zatížením a zatížením vodorovným simulující vliv větru



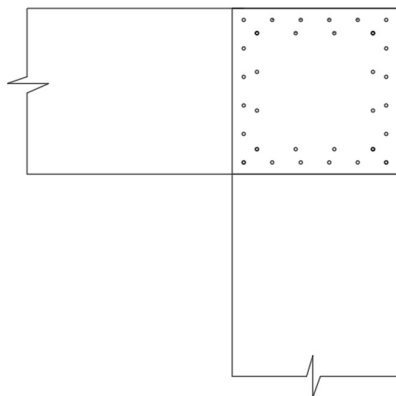
Graf č.3

Z výsledků uvedených v grafu č. 3 je vidět pokles ohybového momentu v závislosti na tuhosti pootočení. Při tuhosti okolo 400 MNm/rad byl ohybový moment v rámovém rohu roven ohybovému momentu v poli.

Závěrem bych rád nastínil, jak lze tuhost rámového rohu nejlépe měnit. Jak již bylo zmíněno, tuhost rámového rohu vyplývá z typu rámového rohu (lepený, kolíkový), použitých materiálech (pevnost dřeviny), rozměrech a pro např. kolíkový spoj také z počtu a profilu spojovacích prostředků. Pro kolíkový spoj ovšem může velkou roli hrát také vzájemné uspořádání kolíků. Nejčastěji se používají spoje, ve kterých jsou kolíky umístěny v soustředných kružnicích, nejčastěji ve dvou (Var. A). Toto rozestavení kolíků nám jednak zajišťuje největší tuhost a velikou výhodou je také výsledné zatížení na jednotlivé kolíky, které je pro tento spoj u všech kolíků totožné. V této kapitole jsem ovšem popisoval výhody poklesu tuhosti. Pokud bychom tedy kolíky umístili např. do tvaru čtverce nebo obdélníka (Var. B), můžeme pro stejný počet kolíků o stejném průměru a pro stejné materiály spoje, dosáhnout menší tuhosti. Nevýhodou těchto spojů je ovšem rozdělení výsledného zatížení na jednotlivé kolíky. Vnější kolíky by totiž byly proti kolíkům uvnitř zatíženy více.



Var. A-Kruhové rozložení kolíků v rámovém rohu



Var. B-Nekruhové rozložení kolíků v rámovém rohu

Závěr:

Závěrem bych chtěl uvést, že jsem se v rámci této bakalářské práce snažil o nalezení optimálního návrhu rámového rohu, ze kterého může vycházet návrh celkové konstrukce (u konstrukcí s maximální ohybovým momentem v rámovém rohu). Po stanovení zatížení na konstrukci a prvotnímu výpočtu ohybových momentů v rámovém rohu, bychom měli rámový roh navrhnout a určit pro něj tuhost. Tuto tuhost poté zohlednit při přepočítání ohybových momentů. Pokud tuhost způsobí větší pokles ohybových momentů v rámovém rohu, můžeme celý proces opakovat (opětovně navrhnout rámový roh s novou tuhostí, dokud hodnoty nezůstanou téměř nezměněny). Tímto dosáhneme maximální efektivity při návrhu rámového rohu a celkové konstrukce.